



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - CCA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS**  
**APLICADAS A ANIMAIS DE INTERESSE REGIONAL - PPGTAIR**  
**DOUTORADO EM CIÊNCIAS**

**PAULO VITOR SILVA DE CARVALHO**

**AVALIAÇÃO CARDÍACA DE CATETOS (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758), POR MEIO DA PRESSÃO ARTERIAL OSCILOMÉTRICA DE ALTA DEFINIÇÃO E VARIÁVEIS ECOCARDIOGRÁFICAS DETERMINANTES DO TRABALHO MIOCÁRDICO SUMETIDOS A CONTENÇÃO QUÍMICA.**

**Teresina**  
**Piauí – Brasil**  
**2022**

**PAULO VITOR SILVA DE CARVALHO**

**AVALIAÇÃO CARDÍACA DE CATETOS (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758), POR MEIO DA PRESSÃO ARTERIAL OSCILOMÉTRICA DE ALTA DEFINIÇÃO E VARIÁVEIS ECOCARDIOGRÁFICAS DETERMINANTES DO TRABALHO MIOCÁRDICO SUMETIDOS A CONTENÇÃO QUÍMICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: **Diagnósticos Avançados em Saúde Animal**

Orientador: **Prof. Dr. Flávio Ribeiro Alves**

**Teresina**

**Piauí – Brasil**

**2022**

**(ESPAÇO RESERVADO PARA A CONFECCÃO DA FICHA CATALOGRÁFICA)**

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco  
Divisão de Processos Técnicos

C331a Carvalho, Paulo Vitor Silva de.  
Avaliação cardíaca de catetos (*Tayassu tajacu linnaeus, 1758*), por meio da pressão arterial oscilométrica de alta definição e variáveis ecocardiográficas determinantes do trabalho miocárdico submetidos a contenção química/ Paulo Vitor Silva de Carvalho. -- 2022.  
61 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Animais de Interesse Regional, 2023.  
“Orientador: Prof. Dr. Flávio Ribeiro Alves.”

1. Morfologia. 4. Anatomia. 2. Trabalho miocárdico. 3. Diagnóstico por imagem 4. Cardiologia. 5. Ecocardiografia. I. Alves, Flávio Ribeiro. II. Título.

CDD 636.089

Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

**AVALIAÇÃO CARDÍACA DE CATETOS ((*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758)), POR MEIO DA PRESSÃO ARTERIAL OSCILOMÉTRICA DE ALTA DEFINIÇÃO E VARIÁVEIS ECOCARDIOGRÁFICAS DETERMINANTES DO TRABALHO MIOCÁRDICO.**

**PAULO VITOR SILVA DE CARVALHO**

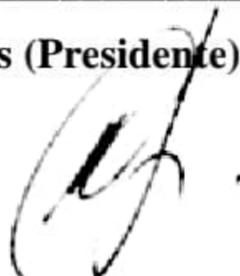
**Tese apresentada e aprovada em: 04 / 11 / 2022**

**Banca examinadora:**



---

**Prof. Dr. Flavio Ribeiro Alves (Presidente) - PPGTAIR / DMV / CCA / UFPI**



---

**Prof. Dr. Antônio Augusto Nascimento Machado Junior - UFPI**



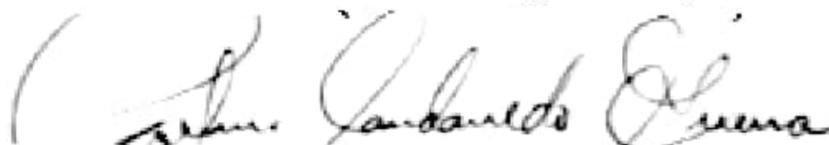
---

**Prof. Dr. Bruno Leandro Maranhão Diniz - UFPI**



---

**Prof. Dr. Francisco das Chagas Araújo Sousa - UESPI**



---

**Prof. Dr. Porfirio Candanedo Guerra - UEMA**

*Epígrafe,*

*“Se eu vi mais longe, foi por estar ao lado de gigantes.”*

*- Isaac Newton.*

## *Agradecimentos,*

A Deus.

A minha mãe, Maria Emília Silva Torres, a rocha da minha vida, por tudo e todos os sacrifícios pessoais, para que vários sonhos pudessem ser realizados através de mim.

Ao meu orientador Dr. Flavio Ribeiro Alves, por todo o conhecimento, paciência, direcionamento e conselhos durante todos esses anos de amadurecimento científico, a você professor, minha admiração por ser um divisor de águas.

A minha família que esteve sempre presente, no apoio incondicional;

A Maria Vitória Silva Sousa, pelo companheirismo, carinho e dedicação nos momentos mais difíceis durante a jornada de pós-graduação;

A Universidade Federal do Piauí – UFPI, juntamente ao Programa de Pós-graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional, pela oportunidade de desenvolver este trabalho;

Agradeço ao amigo contemporâneo de doutorado, Renan Paraguassu de Sá Rodrigues, a você minha admiração por toda contribuição durante esses anos;

Aos amigos, Kelvin Ramon, Andrezza Braga, Maria Angelica e Laecio Moura, esta jornada não seria a mesma sem vocês;

A Paulo Pedro do Nascimento e Rianny Maria Barros Lopes Nascimento, pelo suporte e atenção nos momentos de necessidade;

A colega de profissão, Professora Jéssica Vanessa dos Santos Lindoso, por todos os anos de amizade e por toda a força durante essa jornada;

Agradeço a todos os colegas que passaram pelo NUDIVE, pelo companheirismo e todos os bons momentos;

A todos vocês, ***MEUS MAIS SINCEROS AGRADECIMENTOS.***

**SUMÁRIO**

<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
2.1 Biologia dos catetos .....	17
<b>2.2 Ecocardiografia</b> .....	19
2.3 Strain e Strain Rate com Speckle Tracking .....	22
2.4 Pressão Arterial Sistêmica .....	25
2.5 Trabalho miocárdico .....	26
<b>3. CAPÍTULO I*</b> .....	28
<b>4. CAPÍTULO II*</b> .....	41
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	53
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	54

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

AE/Ao	Relação átrio esquerdo/aorta
2D	Bidimensional
AD	Átrio direito
AE	Átrio esquerdo
Ao	Aorta
bpm	Batimentos por minuto
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCA	Centro de Ciências Agrárias
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
cm	Centímetro
cm/s	Centímetro por segundo
CONCEA	Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal
DA	Ducto arterioso
DBP	Diâmetro biparietal
DIVEd	Diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole
DIVEs	Diâmetro interno do ventrículo esquerdo em sístole
Dr	Doutor
E/TRIV	Relação onda E / Tempo de relaxamento isovolumétrico
ECO	Ecocardiograma
FC	Frequência cardíaca

FE	Fração de ejeção
FRP	Frequência de repetição de pulso
FS	Fração de encurtamento
GE	General Electric
Kg	Quilograma
MHz	Megahertz
Modo B	Modo bidimensional
Modo M	Modo movimento
ms	Milisegundo
Nº	Número
NUDIVE	Núcleo de Diagnóstico por Imagem Veterinário Especializado
PDA	Persistência do ducto arterioso
PLVE <sub>d</sub>	Parede livre do ventrículo esquerdo em diástole
PLVE <sub>s</sub>	Parede livre do ventrículo esquerdo em sístole
Prof.	Professor
S	Segundo
SISBIO	Sistema de Autorização e Informação da Biodiversidade
SIV <sub>d</sub>	Septo interventricular em diástole
SIV <sub>s</sub>	Septo interventricular em sístole
TRIV	Tempo de relaxamento isovolumétrico
UFPI	Universidade Federal do Piauí
VD	Ventrículo direito
VE	Ventrículo esquerdo

Vel	Velocidade
GWl	Global Work Index
GCW	Global Constructive Work
GWW	Global Wasted Work
GWE	Global Work Efficiency
PSI	Postsystolic shortening index
PSS	Postsystolic shortening

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1** Demonstração de curva de trabalho miocárdio de acordo com pressão e parâmetros de trabalho miocárdico.....35

### CAPÍTULO II

**Figura 1** *Strain* em pico sistólico *aplast* evidenciando as curvas de encurtamento e fechamento de válvula aórtica.....48

**Figura 2.** Curvas extraídas do *strain* em corte apical longitudinal quatro câmaras, duas câmaras e ápice.....48

**Figura 3.** *Bulls Eye* de segmentos miocárdicos e *strain* global.....49

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1.</b> Limites de normalidade de variáveis ecocardiográficas bidimensionais obtidos nos modos B e M e para Trabalho miocárdico – Teresina/PI/Brasil – 2022. Observadas em 13 catetos contidos quimicamente.....	34
---	----

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1.</b> Contratilidade de cada segmento cardíaco analisado em 13 catetos contidos quimicamente.....	47
--	----

## RESUMO

### **Avaliação cardíaca de catetos (*Tayassu tajacu linnaeus*, 1758), por meio da pressão arterial oscilométrica de alta definição e variáveis ecocardiográficas determinantes do trabalho miocárdico submetidos a contenção química.**

O cateto, *Tayassu tajacu*, pertence a uma família dentro do Suiformes, Dicotylidae. É reconhecido como uma importante fonte de carne para a população local na região amazônica, pré-amazônica e no semiárido e utilizado como animal de modelo experimental. Todavia, estes animais foram pouco explorados no tocante a sua fisiologia cardiovascular e em muitos aspectos, ainda necessitam de maior aprofundamento. Assim, uma correta investigação e um conhecimento amplo da morfologia do sistema cardiovascular destes animais mantidos em cativeiro e uma padronização dos índices ecocardiográficos, de pressão por oscilometria em alta definição e trabalho miocárdico, é importante para garantir diagnósticos mais precoces e precisos bem como evidenciar animais em possível estresse miocárdico. Desta forma este trabalho teve por objetivo avaliar a função cardíaca através de aferição da pressão arterial por oscilometria de alta definição e análise de variáveis ecocardiográficas avançadas em catetos (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758). Esta tese de Doutorado está dividida em dois capítulos, organizados de acordo com as normas do periódico *Acta Scientiae Veterinae*. O primeiro, intitulado “Avaliação do trabalho miocárdico em catetos (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758)”, objetivou descrever os valores de normalidade das principais variáveis de trabalho miocárdico através da ecocardiografia. Foi realizado um estudo observacional, prospectivo, onde foram incluídos 13 animais clinicamente saudáveis. Este estabeleceu valores presumidamente normais para as principais variáveis passíveis de observação, fornecendo dados importantes para o embasamento de pesquisas futuras para identificação de alterações da função cardíaca através do trabalho miocárdico. O segundo capítulo, nomeado “Avaliação ecocardiográfica de catetos (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758) para obtenção de parâmetros fisiológicos para encurtamento pós sistólico através do strain cardíaco por “*Speckle Tracking*”, teve por objetivo descrever os principais parâmetros de encurtamento de segmento miocárdico por meio do “*strain speckle tracking*”. A técnica mostrou-se de aplicação relativamente fácil e rápida. Concluiu-se que a avaliação ecocardiográfica de catetos permitiu uma padronização de variáveis morfológicas para este exame, possibilitando ainda pré-estabelecer índices de estresse miocárdico

prévio a sinais clínicos, nas suas diferentes modalidades, possibilitando o estabelecimento de valores de referência para o grupo estudado.

**Palavras-chave:** Morfologia, anatomia, trabalho miocárdico, diagnóstico por imagem, clínica médica, cardiologia, ecocardiografia.

## **ABSTRACT**

**Cardiac evaluation of collared peccaries animals chemically restrained (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758), using high-definition oscillometric blood pressure and echocardiographic variables that determine myocardial work**

The white-lipped peccary, *Tayassu tajacu*, belongs to a family of Suiformes, Dicotylidae. It is recognized as an important source of meat for the local population in the Amazon, pre-Amazonian and semi-arid regions and used as a research animal. However, these animals have been little explored in terms of their cardiovascular physiology and, in many aspects, still need further investigation. Thus, a correct investigation and extensive knowledge of the morphology of the cardiovascular system of these animals kept in captivity and a standardization of echocardiographic indices, high-definition oscillometric pressure and myocardial work, are important to ensure earlier and more accurate diagnoses. as to evidence animals in possible myocardial stress. Thus, this study aimed to assess cardiac function by measuring blood pressure by high-definition oscillometry and analyzing advanced echocardiographic variables in collared peccaries (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758). This Doctoral thesis is divided into two chapters, organized according to the norms of the journal "Acta Scientiae Veterariae". The first, entitled "Assessment of myocardial work in white-lipped peccaries (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758)", aimed to describe the normal values of the main variables of myocardial work through echocardiography. An observational, prospective study was performed, in which 13 clinically healthy animals were included. This established presumably normal values for the main variables that can be observed, providing important data for the basis of future research to identify changes in cardiac function through myocardial work. The second chapter, entitled "Echocardiographic evaluation of white-lipped peccaries (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758) to obtain physiological parameters of post-systolic shortening due to cardiac effort by "Speckle Tracking", aimed to describe the main parameters of shortening of the myocardial segment by means of of strain

speckle tracking. The technique proved to be relatively easy and quick to apply. It was concluded with this thesis that the echocardiographic evaluation of collared peccaries allowed a standardization of the morphological variables for this exam, also allowing the prediction of myocardial stress indices prior to clinical signs, in their different modalities, allowing the establishment of reference values for the studied group.

**Keywords:** Anatomy, Diagnostic imaging, Cardiology Morphology, myocardial work, internal medicine.

## 1. INTRODUÇÃO

O cateto, *Tayassu tajacu*, pertence a uma família dentro do Suiformes, Dicotylidae. É reconhecido como uma importante fonte de proteína para a população local na região amazônica, pré-amazônica e no semiárido. Nos últimos anos a proposta de inclusão do cateto em projetos associados à sua reprodução em cativeiro, tem sido largamente empregada, devido pressão de caça a que esta espécie se encontra submetida, onde a demanda é considerável para produtos derivados de animais selvagens (FEER, 1993; GOTTDENKER et al., 1998).

No entanto, estes animais foram pouco explorados no tocante a sua fisiologia e em muitos aspectos, ainda necessitam de maior aprofundamento. Rústicos, são animais que não aceitam domesticação com facilidade, existindo poucos relatos desta ocorrência. Sob estresse, estes animais chocam-se contra paredes, muretas e baias, eventos que por vezes ocasionam traumas graves que levam estes animais a óbito, sendo talvez um dos animais silvestres de manejo em cativeiro mais desafiador. Talvez o ponto que mais tem sido explorado seja a sua biologia reprodutiva (MAYOR et al., 2004), para a correta identificação de seu período de gestação, estacional e fases do ciclo estral (MAYOR et al., 2005). No entanto, são poucos os dados, encontrados na literatura que possam respaldar a influência da contenção, seja física ou química, no aparelho cardiovascular destes animais.

O ecocardiograma é uma ferramenta de imagem não-invasiva de diagnóstico em cardiologia veterinária e humana, amplamente utilizada e útil para a avaliação de uma série de parâmetros cardiovasculares, incluindo, à avaliação do tamanho da câmara, anatomia valvar e função do miocárdio (SLEEPER et al., 2005). A avaliação do ventrículo esquerdo (VE) é uma das contribuições mais importantes da ecocardiografia para a avaliação da função cardíaca. A análise quantitativa das dimensões do VE na sístole e na diástole possibilita o reconhecimento do remodelamento do VE em resposta a condições de sobrecarga de pressão ou volume e permite a avaliação da função miocárdica sistólica. Consequentemente, é útil para determinar a gravidade de um amplo espectro de doenças cardíacas (KIENLE et al. 1998).

Técnicas avançadas de ecocardiografia como a quantificação do *strain* e do *strain rate* por *speckle-tracking* (ST) têm se mostrado cada vez mais úteis na avaliação cardiovascular de animais silvestres devido a capacidade de obtenção de diagnósticos precoces de alterações miocárdicas (BOON et al. 2011). Estas se sobressaem pelo fato de serem independente do ângulo de insonação, diferentemente da ecocardiografia bidimensional, a qual a torna limitada em alguns aspectos (AMUNDSEN et al. 2006).

O trabalho miocárdico, é realizado através de cálculo utilizando a pressão arterial sistêmica e a deformação miocárdica por *strain*, evidenciando assim o esforço que o coração necessita para realizar suas funções, foi implementado recentemente na medicina humana, através de pesquisas em cães (RUSSEL, 2013) A introdução deste cálculo de trabalho miocárdico não invasivo, adicionou uma nova dimensão na avaliação clínica da função miocárdica, na cardiologia diária e que representa um meio de incorporar as condições de carga na avaliação da função ventricular. Se isso é de fato um paradigma, muitas mudanças ainda estão por vir, mas os princípios hemodinâmicos básicos podem agora ser implementados na prática clínica de uma nova maneira (BOE et al. 2019)

Desta forma este trabalho teve por objetivo avaliar a função cardíaca através de eletrocardiograma, aferição da pressão arterial por oscilometria de alta definição e análise de variáveis ecocardiográficas avançadas em catetos (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758).

A organização estrutural dessa Tese se apresenta da seguinte forma: Introdução, Revisão de literatura, Capítulo I, Capítulo II, Considerações Finais e Referências. O capítulo I e o capítulo 2, foram organizados conforme as normas do periódico “*Acta Scientiae Veterinariae*” Qualis B1 em Medicina Veterinária e fator de Impacto 0,337.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 *Biologia dos catetos***

O caititu (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758), é também chamado de cateto, catitu, taititu, tateto, coleira-branca, pecari ou porco-do-mato. Este mamífero ungulado pertencente à ordem Artiodactyla, à subordem Nonruminantia, Superfamília Suoidea e à família Tayassuidae (LOBO, 1962)

Apresenta ampla distribuição, ocorrendo do sul dos Estados Unidos da América até o norte da Argentina, inclusive na Amazônia, e pode ocupar diversos *habitats*, desde florestas tropicais úmidas até savanas e desertos. *Tayassuídeos* e *suídeos* têm origem em um ancestral comum e, apesar de apresentarem semelhanças, seguiram caminhos evolutivos paralelos: *tayassuídeos* na América do Norte e Novo Mundo, e *suídeos* na Eurásia e Velho Mundo (SOWLS, 1997).

*Tayassu tajacu* é uma espécie gregária e rústica que, em condições naturais, vive em grupos de 3 a 50 indivíduos, mais frequentemente observados em grupos de até 15 animais. Os grupos são constituídos de animais jovens e adultos, de ambos os sexos (SOWLS, 1984), dentro

dos quais os caititus exibem dominância hierárquica, possivelmente relacionado ao tamanho do animal, ou seja, animais maiores e mais pesados tendem a exercer dominância sobre outros (BISSONETTE, 1982). São animais considerados sedentários, ou seja, não se distanciam do seu local de nascimento, diferentemente dos queixadas (*Tayassu pecari*), os quais são conhecidos por viajar longas distâncias (SOWLS, 1997).

Além de ser uma importante fonte de proteínas para subsistência em várias regiões no interior do Brasil, região amazônica, pré-amazônica, semiárido, principalmente populações indígenas e ribeirinhas (ALMEIDA et al. 2013), a carne destes animais é bastante apreciada em grandes centros urbanos no país e no exterior, principalmente na Europa (NOGUEIRA, 2000). A criação de catetos em cativeiro vem crescendo para possibilitar a exploração econômica da carne destes animais que, além de muito saborosa, apresenta um baixo teor de gordura e é rica em ácidos graxos insaturados (SANTOS et al. 2003).

Nos últimos anos a proposta de inclusão do cateto em projetos associados a sua reprodução em cativeiro, tem sido largamente empregada, devido pressão de caça a que esta espécie encontra-se submetida (FEER, 1993; GOTTDENKER et al. 1998). Os catetos tem grande importância nas florestas neotropicais, desempenhando papéis-chave como predador e dispersor de sementes (KILTIE, 1981; BODMER, 1991).

Em cativeiro esses animais se adaptam facilmente a diferentes tipos de alimentação, sendo normalmente tratados com milho, mandioca, abóbora, banana, cana-de-açúcar triturada, silagem de milho, silagem de sorgo e ração comercial de suínos. É considerado onívoro, pois faz parte da sua alimentação invertebrados, pequenos vertebrados, sementes, raízes, alimentos fibrosos, sobras de legumes, frutos e insetos (DEUSTSCH E PUGLIA, 1988; LIVA et al. 1989).

Os catetos adultos medem em torno de 0,75 a 1,0m de comprimento, 0,40 a 0,45m de altura e pesam entre 14 e 30kg (NOWAK, 1991). Seus pelos são longos, ásperos e geralmente pretos com anéis brancos, o que lhes dão uma pelagem acinzentada. Em seu dorso existe uma crina erétil composta de pelos que tendem a ser mais escuros e na região do pescoço, onde destaca-se uma faixa de pelos brancos, dando um aspecto de colar. Tais animais possuem pernas finas e a cabeça desproporcionalmente grande em relação ao restante do corpo (SOWLS, 1984). Praticamente não existe dimorfismo sexual nesta espécie, só sendo possível distinguir os sexos pela visualização do escroto dos machos, mesmo assim, quando observados à curta distância (SOWLS, 1997; JACOMO, 2004).

São animais que não aceitam domesticação com facilidade, existindo poucos relatos sobre esta ocorrência. Sob estresse, estes animais chocam-se contra paredes, muretas e baias, eventos que por vezes ocasionam traumas graves que levam estes animais a óbito, sendo talvez um dos animais silvestres de manejo em cativeiro mais desafiador. Talvez o ponto que mais tem sido explorado seja a sua biologia reprodutiva (MAYOR et al., 2004), para a correta identificação de seu período de gestação, estacional e fases do ciclo estral (MAYOR et al., 2005).

## ***2.2 Ecocardiografia***

A ecocardiografia convencional é, atualmente o exame complementar mais utilizado para avaliação da anatomia e função cardíaca (BRAUNWALD et al., 2003). Esta ferramenta auxilia no diagnóstico das diversas cardiopatias, podendo detectar alterações cardiocirculatórias secundárias às doenças sistêmicas (THOMAS et al., 1993). É ainda considerado o melhor meio de diagnóstico não invasivo para a diferenciação das cardiomiopatias hipertróficas das demais cardiomiopatias (CHETBOUL et al., 2006; SIMPSON et al., 2007).

Usualmente três modos são aplicados para à avaliação ecocardiográfica do paciente, que podem ser realizados sucessivamente para um exame completo das estruturas cardíacas, seus movimentos ao longo do tempo e os fluxos sanguíneos. Podemos destacar o Modo-B que demonstra a morfologia do coração, Modo-M que permite o monitoramento da função do coração, tais como a posição e os movimentos das estruturas cardíacas e o Doppler nas suas diferentes modalidades espectral (pulsado e contínuo), colorido e tecidual, sendo estes os métodos de escolha para medir a velocidade do movimento do sangue nos vasos e cavidades cardíacas, permitindo a avaliação de padrões de fluxos e, conseqüentemente, da função cardíaca sistólica e diastólica (BOON, 2011; HANTON, 2014). Permitindo ainda, identificar dilatação das cavidades, espessura das paredes, alterações de contratilidade global e segmentar, presença de lesão de ponta e trombos intracavitários, além de estimar as alterações funcionais decorrentes do acometimento cardíaco (THOMAS e SISSON, 1999).

De maneira geral, o exame se inicia pela avaliação em modo B, o qual fornece imagens em tempo real, permitindo uma avaliação global e subjetiva do coração. A imagem obtida é a de um plano de corte, reconstituindo em duas dimensões as estruturas anatômicas estudadas (JAUDON; PERROT; VIAUD, 1991).

O modo M, que dá seqüência ao exame ecocardiográfico, exhibe por meio de um gráfico, sinais de diferentes ecogenicidades, de acordo com o tipo e a profundidade dos tecidos, registrando

o movimento do coração através de uma linha de tempo (HENIK, 1995). É obtido através da colocação da linha do cursor sobre a estrutura que se deseja pesquisar na imagem bidimensional do coração. O coração será mostrado por meio de um gráfico em função do tempo, onde as estruturas que não apresentam movimento são apresentadas como linhas retas e aquelas que se movimentam aparecem como linhas onduladas (BONAGURA, 1994). Por este modo é possível quantificar a dimensão das câmaras cardíacas, grandes vasos, espessura das paredes, movimentos valvulares e, através de cálculos matemáticos, os índices funcionais do ventrículo esquerdo, os quais fornecem indícios de várias possíveis alterações no coração (ALLEN; DOWNEY, 1983; HENIK, 1995; KIENLE e THOMAS, 1995).

O estudo por meio do Doppler registra o movimento do sangue no sistema cardiovascular. As hemácias em movimento dentro dos vasos, ao encontrarem uma onda sonora, comportam-se como corpos refletivos (FEIGENBAUM, 1986; VERMILLON, 1997).

Se o sentido do fluxo sanguíneo for na direção do transdutor, então a frequência de deslocamento será positiva, isto é, o eco retornado terá uma frequência mais alta. Se a direção do fluxo sanguíneo for no sentido contrário ao do transdutor, então a será negativa, isto é, a frequência do ultrassom refletido é mais baixa do que aquela transmitida (CERRI et al. 1998).

O Doppler contínuo foi a primeira modalidade surgida e aplicada na clínica e possui a grande vantagem de captar fluxos de qualquer velocidade uma vez que a transmissão e a recepção dos ecos são ininterruptas (CARVALHO et al. 2009). O Doppler contínuo é utilizado em cardiologia e o pulsado tem aplicações em medicina interna e vascular (CARVALHO et al., 2008)

Alguns transdutores de uso clínico para análise espectral de Doppler utilizam um feixe contínuo de ultrassom (Doppler contínuo). O resultado é um sinal composto que apresenta a variação de velocidade de todos os elementos móveis atravessados pelo feixe, trazendo alguma dificuldade na interpretação do sinal. Para contornar esta dificuldade, desenvolveu-se a técnica de Doppler com feixe pulsado, na qual pulsos de ultrassom são emitidos, permitindo o processamento do sinal em profundidade diferente na secção estudada (SZATMARI et al. 2001).

O Doppler pulsado possibilita avaliar alterações tais como regurgitações de válvulas atrioventriculares (ABDUCH, 2009). As ondas sonoras são transmitidas como um impulso, sendo que um traçado pode ser visto e simultaneamente um som pode ser ouvido (CARVALHO et al. 2008). A onda pulsada permite ao Doppler medir uma região específica dentro de um campo de imagem, possibilitando assim a medida da velocidade dentro dos vasos selecionados. A frequência com a qual os pulsos (sinais) são emitidos por segundo é chamada de frequência de repetição de pulso (FRP). O tempo entre o pulso e o eco depende do local de reflexão, embora seja possível

localizar a fonte do eco retornado. Esta técnica permite precisar a localização do volume de tecido do qual o sinal Doppler de fluxo sanguíneo foi coletado, ao contrário do que ocorre com a técnica de Doppler contínuo. A região onde os sinais Doppler são mensurados é chamada de volume de amostra (ou *gate*). A frequência máxima amostrável sem ambiguidades é chamada frequência de *Nyquist* e o fenômeno de ambiguidade é conhecido como *aliasing* (do latim *alias*=de outra forma; neste caso, de outra cor) (SZATMARI et al., 2001; YANIK, 2002).

No entanto, o Doppler pulsado possui limitações na mensuração de fluxos com velocidades elevadas, os quais são frequentemente encontrados em doenças valvulares mais graves ou estenoses (FELICIANO; CANOLA; VICENTE, 2015). Este método de avaliação capta velocidades do fluxo das válvulas cardíacas, incluindo fluxo sanguíneo transmitral que é utilizado para determinar o enchimento diastólico do ventrículo esquerdo e é a modalidade não invasiva mais frequentemente utilizada na avaliação da função lusitropica (NAGUEH et al., 2009). Estas velocidades obtidas pelo Doppler relacionam-se com os componentes conectivos dos gradientes de pressão transmitral, conforme determinado pela equação de *Bernoulli* (BOON, 1998).

Para a determinação do fluxo transmitral, o transdutor é posicionado para a obtenção do corte apical quatro câmaras, e a amostra de volume é posicionada entre as extremidades dos folhetos da valva mitral, no interior do ventrículo esquerdo (BOON, 1998). Desta forma, obtêm-se as velocidades de fluxo que melhor refletem as forças propulsoras do enchimento do ventrículo (WARE, 2007).

No Doppler colorido, ao contrário da técnica de Doppler pulsado, há vários volumes de amostragem dentro de uma região circunscrita (caixa colorida). O sinal obtido para cada um desses elementos de amostragem é codificado por cores em relação ao sentido do movimento e por nuances em relação ao módulo da velocidade do movimento. Sobre a imagem em tempo real é apresentada uma outra imagem, colorida, que representa um mapeamento dos elementos móveis em relação à intensidade e ao sentido do movimento (KAWAKAMA et al. 1993). Dentro da caixa colorida, cada ponto móvel tem uma tonalidade de vermelho ou azul, ao invés de tons de cinza. A direção do fluxo em relação ao transdutor é ilustrada em uma barra colorida ao lado da imagem. Convencionou-se que o fluxo em direção ao transdutor é vermelho e o fluxo na direção contrária ao transdutor é azul. Os fluxos de maior velocidade são expressos por tonalidades mais claras da mesma cor (CERRI et al. 1998). Podem ser vistos fluxos de turbulência, que se expressam em forma de mosaico de cores diferentes.

A técnica de Doppler colorido permite avaliar a presença, a direção e a qualidade do fluxo sanguíneo mais rapidamente do que qualquer outra técnica não invasiva, até mesmo em áreas que

não aparecem como vasos no modo-B. Também é possível a diferenciação entre fluxos rápidos e lentos (SZATMARI et al. 2001).

O Doppler tecidual é uma ferramenta diagnóstica que permite avaliação não invasiva do coração, possibilitando a quantificação da função miocárdica regional ou global e a avaliação do movimento miocárdico (KOFFAS et al. 2008). É um dos métodos não invasivo mais sensível e específico para a avaliação de disfunções sistólicas ou diastólicas miocárdicas, sem apresentar influências de pré ou pós-carga (OKI et al. 2000; MCDONALD et al. 2007). O Doppler tecidual baseia-se no registro do movimento miocárdio em relação à parede torácica, que está sujeito à influência do ângulo de incidência do Doppler, assim como do movimento do coração, propriamente dito, em relação ao tórax (CHETBOUL, 2002).

Nos sistemas de imagem Doppler tecidual os sinais captados não passam por este filtro, tornando possível a mensuração de baixas velocidades, sendo a mais baixa ao redor de 0,2 cm/s, o que é compatível com a velocidade apresentada pelo miocárdio (MIYATAKE et al. 1995).

### ***2.3 Strain e Strain Rate com Speckle Tracking***

A avaliação do *strain* pelo *speckle tracking* foi incorporado recentemente na medicina veterinária como auxílio ao diagnóstico definitivo assim como na determinação do prognóstico das alterações cardíacas, visto que até então a técnica limitava-se à pesquisa. Já foram demonstrados vastos resultados da análise do *strain* em cães e gatos (CHETBOUL, 2010). O *speckle tracking* têm sido empregados como ferramenta na ecocardiografia para estudo em animais com distrofia muscular de Duchenne, cardiomiopatia hipertrófica (TAKANO, 2011), degeneração valvar mitral crônica (CHETBOUL, 2002; SMITH et al. 2012) e cardiomiopatia dilatada (ALVAREZ et al. 2011).

Enquanto *strain* quantifica o percentual de deformação, o *Strain Rate* (SR) mede a velocidade de deformação do tecido cardíaco. Desta forma, a avaliação da contratilidade miocárdica pode ser feita sob a forma de uma medida (SR) ou por meio de uma porcentagem (*strain*) (SILVA, 2007).

A técnica *strain*, permite a avaliação quantitativa direta das funções miocárdicas regionais sistólicas e diastólicas. É um método sensível para quantificar a função sistólica regional em diversas afecções cardíacas (WESS et al. 2010). Permite a avaliação da deformidade cardíaca regional em diferentes segmentos miocárdicos nas direções radial, longitudinal e circunferencial

(TESKE et al. 2007), o que o torna um método ideal para caracterizar a heterogeneidade da função miocárdica presente nas cardiomiopatias (HO et al. 2009; WESS et al. 2010).

Em cães, dentre as cardiopatias valvares, a degeneração mixomatosa crônica da valva mitral é a de maior prevalência (ZOIS et al. 2013; TOALDO et al. 2017). Com isso, o *speckle tracking* é empregado com o intuito de verificar remodelamento cardíaco esquerdo, principal evento resultante dessa cardiopatia, além de ser um preditor de eventos cardiovasculares correspondentes a outras afecções. Já animais que apresentam, associada à degeneração mixomatosa crônica da valva mitral, a insuficiência cardíaca congestiva, podem apresentar alterações no *strain* nas variáveis do *speckle tracking* e no doppler tecidual, tanto diastólicas quanto sistólicas quando comparados com animais saudáveis (TIDHOLM et al. 2009).

Mais recentemente, *strain* pelo *speckle tracking* vem sendo incorporado na medicina veterinária em experimentos utilizando diferentes espécies animais. Esses trabalhos têm demonstrado inúmeras semelhanças dos parâmetros da função cardíaca entre animais e seres humanos. Com isso o estudo de *strain* em modelos animais pode ser uma alternativa para pesquisas voltadas ao diagnóstico e tratamento de doenças cardíacas que afetam o homem, passíveis de reprodução nestes modelos (ALVES et al. 2017).

As curvas de *strain* são facilmente adquiridas e reproduzidas, e normalmente os valores obtidos são homogêneos em todos os segmentos do miocárdio, sendo o *strain* radial aproximadamente o dobro do longitudinal. No corte paraesternal transversal, deve-se medir apenas os segmentos médios do septo e da parede posterior. Já no corte longitudinal do ventrículo esquerdo, pode-se avaliar também os segmentos basais das duas paredes. Pode-se ressaltar que o septo possui fibras de ambos os ventrículos, e isto pode mascarar e alterar medidas (SILVA, 2007).

As limitações do *strain* são as mesmas de todos os métodos derivados do Doppler (SILVA, 2007). Esta técnica, entretanto, é limitada à direção do feixe de ultrassom e normalmente é realizada apenas na direção longitudinal ou, em poucos segmentos selecionados, nas direções radial ou circunferencial. O método é demorado, sofre influência do ângulo, tem alta variabilidade intra e interobservador e requer protocolos de imagem específicos (ALMEIDA et al. 2013). Portanto, deve-se ter muito cuidado ao avaliar os segmentos apicais, já que é difícil obter um ângulo inferior a 30 graus (SILVA, 2007).

Para eliminar o problema da dependência de ângulo na análise do *strain* pelo Doppler tecidual foi desenvolvida a técnica de aferição do *strain* baseada no rastreamento de pontos (*speckle tracking*) pela ecocardiografia bidimensional (2D-STE) (HELLE-VALLE et al. 2005; ISHIZU et al. 2010). Marcadores acústicos naturais, denominados *speckles* (os pontos brancos

visibilizados nas imagens em escala de cinza na ecocardiografia bidimensional), representam padrões específicos do tecido no miocárdico – é a impressão digital daquele segmento. O *software* de análise do *speckle tracking* pelo eco 2D identifica os *speckles* (pontos com características únicas), rastreia os seus movimentos em todas as direções, sendo o *strain* (deformação do miocárdio) avaliado com base na comparação dos padrões quadro a quadro. (KORINEK et al. 2005).

A movimentação de cada um destes pontos pode ser demonstrada como uma curva em função do tempo ou *strain rate*, expressa em  $s^{-1}$  ou 1/s. Neste tipo de gráfico, durante a sístole, a movimentação é negativa, pois ocorre o encurtamento da cavidade, enquanto durante a diástole, duas ondas positivas são inscritas, que correspondem ao enchimento rápido e à contração atrial. A integral da velocidade desta curva obtém a taxa de deformação, demonstrado em porcentagem com relação à posição inicial do ponto. Em geral utiliza-se como referência o final da diástole, representado pelo pico do QRS, quando associado ao eletrocardiograma (DEL CASTILLO; HERSZKOWICZ, 2008).

O *strain rate* (SR), é uma modalidade da ecocardiografia tecidual que permite avaliação quantitativa da movimentação de determinada região da parede miocárdica (MINOSHIMA et al., 2009). Estudos sugerem que o *strain* e o SR refletem tanto a função sistólica quanto a função diastólica (KATO et al. 2004). A principal vantagem do SR é que ele elimina a influência da movimentação dos tecidos saudáveis adjacentes durante a mensuração (CHETBOUL et al. 2007) e possui menor influência dos movimentos de translação e de tração (WESS et al. 2010).

Diferente do Doppler tecidual, o SR fornece informações sobre a medida instantânea local da taxa de compressão ou expansão do miocárdio, independente do movimento de translação cardíaco (HO et al., 2009). Enquanto o Doppler tecidual quantifica a velocidade de movimentação de um ponto do miocárdio em relação ao transdutor, o SR quantifica a velocidade de movimentação de um ponto do miocárdio em relação a outro ponto adjacente, localizado a dada distância do primeiro (SILVA, 2007).

O miocárdio é considerado um tecido incompressível, ou seja, a sua deformação longitudinal é inversamente proporcional às alterações observadas na sua espessura (TESKE et al. 2007). Portanto, quanto mais o músculo se alonga, menor a sua espessura e quanto mais ele se encurta, maior a espessura. Isto permite inferir o grau de contratilidade pela mensuração do alongamento da fibra miocárdica. O SR avalia o gradiente de velocidade entre dois pontos próximos do miocárdio, quantificando o alongamento/encurtamento da fibra, e, indiretamente, o seu espessamento (SILVA, 2007).

O Doppler tecidual utilizado nos cortes paraesternais transversos avalia o componente radial da contratilidade miocárdica (circunferencial); enquanto os cortes apicais, avalia-se o componente longitudinal da contração miocárdica (REDDY et al., 2007).

Na avaliação da contratilidade do componente longitudinal (cortes apicais), a presença de uma curva de SR negativa indica encurtamento da fibra ou contração, e quando positiva indica distensão ou alongamento. Já quando avaliamos o componente radial da contratilidade da parede posterior (corte paraesternal transverso), a presença de espessamento é expressa por uma curva positiva de SR, enquanto o relaxamento é representado por uma curva negativa (TESKE et al. 2007). No entanto quando avaliamos a contratilidade do septo, deve-se tomar cuidado, pois o mesmo é composto por fibras de ambos os ventrículos, orientadas em sentidos diferentes (SILVA, 2007).

O SR é melhor para a avaliação de alterações locais na contratilidade do que a medida isolada da velocidade com o Doppler tecidual. O SR não apresenta influência da movimentação dos tecidos sadios adjacentes, que é uma das limitações do Doppler tecidual (HO et al. 2009; WESS et al. 2010).

As principais limitações do SR são relacionadas à técnica. A grande quantidade de ruído dificulta a avaliação, e o *frame rate* utilizado pelos equipamentos iniciais era muito baixo (de 50 a 70 quadros por segundo), o que tornava o intervalo entre a coleta e a informação longo. Outra limitação da técnica é a resolução espacial, que ainda é baixa, levando à perda na resolução lateral. Além disso, a dependência do ângulo na técnica do SR é ainda maior que no Doppler tecidual, já que a deformação do miocárdio se faz em três dimensões (SILVA, 2007).

A relevância clínica dos parâmetros obtidos por estas tecnologias, associada a um modo de avaliação relativamente fácil, tem despertado grandes interesses na comunidade científica, refletido no crescente número de publicações em todos os aspectos da ecocardiografia por *speckle tracking*, tanto em seres humanos, quanto em animais (ALMEIDA et al. 2013; ALVES et al. 2017).

#### **2.4 Pressão Arterial Sistêmica**

A medição da pressão arterial há muito é reconhecida como uma parte importante do monitoramento de pacientes anestesiados e da avaliação de animais com doenças sistêmicas ou cardíacas (ROZANSKI E RUSH 2007; SILVERSTEIN et al. 2008).

A aferição da pressão de forma invasiva é, o método mais confiável para, de fato, evidenciar o real valor momentâneo da pressão arterial sistêmica, todavia em medicina veterinária comumente se utiliza métodos oscilométricos para aferição. Cunha et al. 2016, validaram em seus

estudos, que a utilização de métodos oscilométricos abrange confiança quando comparados aos métodos invasivos, sendo esta uma ferramenta confiável para avaliações rotineiras.

Segundo Egner et al. (2007), Dispositivos introduzidos mais recentemente para medição não invasiva da pressão arterial emprega oscilometria de alta definição, isso deve melhorar a precisão, bem como aumenta a capacidade do dispositivo de medir pressões em altas frequências cardíacas

Martel et al. (2013), compararam, métodos invasivos, sendo estes, padrão ouro para aferição de pressão arterial sistêmica, com métodos oscilométricos de alta definição em gatos domésticos concluindo que, métodos oscilométricos respeitam as diretrizes da “*American College of Veterinary Internal Medicine*” (ACVIIM), sendo um método confiável para uso na rotina clínica de felinos.

Segundo Zealand et al. (2017), métodos oscilométricos também podem ser usados em furoes (*Mustela putorius furo*) atingindo bons resultados comparados aos métodos invasivos, mostrando que a oscilometria por alta definição abrange também espécies exóticas como método de aferição da pressão arterial sistêmica

## **2.5 Trabalho miocárdico**

A análise da pressão-volume do ventrículo esquerdo analisa a carga e é um método poderoso para quantificar a função do VE, além disso, a área do circuito de pressão-volume reflete o consumo de oxigênio do miocárdio, as relações pressão-volume podem ser usadas para calcular o trabalho do VE, igual as relações de pressão-volume, relações de pressão-deformação do VE podem ser usadas para avaliar a função regional do VE e o trabalho segmentar. Devido a sua natureza invasiva, análise de pressão-volume ou pressão-deformação do VE nunca foram implementados na rotina clínica (SUGA, 1990)

A utilização da pressão juntamente com *strain* longitudinal é uma nova tecnologia, sendo idealizada nos estudos de Russel et al. (2012), que desenvolveram um método não invasivo para o cálculo do trabalho miocárdico levando em consideração a pressão-volume do ventrículo esquerdo analisada em *loop* que fora incorporado ao *software* tornando possível a utilização na rotina clínica.

Chan et al. (2019), aplicaram o trabalho miocárdico em pacientes humanos hipertensos e com cardiomiopatias; os resultados mostraram que, para o paciente hipertensos o índice trabalho miocárdico global foi significativamente maior que em outros pacientes com cardiomiopatia.

A introdução do cálculo de trabalho miocárdico não invasivo adicionou uma nova dimensão na avaliação clínica da função miocárdica. O trabalho miocárdico representa um meio de incorporar as condições de carga na avaliação da função ventricular. Se isso é de fato um paradigma, muitas mudanças ainda estão por vir, mas os princípios hemodinâmicos básicos podem agora ser implementados na prática clínica de uma nova maneira (BOE et al, 2019)

O trabalho miocárdico se divide em *Global Work Index* (GWI), que é a área total representada do trabalho total do fechamento da válvula mitral até a abertura da válvula mitral. *Global Constructive Work* (GCW) que representa o trabalho do ventrículo esquerdo, que contribui para a ejeção durante a sístole e é definido como encurtamento dos miócitos durante a sístole,  $GCW = \text{trabalho positivo durante a sístole} + \text{trabalho negativo durante o relaxamento isovolumétrico}$ . *Global Wasted Work* (GWW) é o trabalho do ventrículo esquerdo que não contribuem para a ejeção. E é definido como alongamento dos miócitos (em vez de encurtamento). *Global Work Efficiency* (GWE), é a fração de trabalho construtivo para o trabalho total e é calculado por  $GCW / (GCW + GWW)$  (RUSSEL, 2013).

### **3. CAPÍTULO I\***

---

\* Artigo elaborado de acordo com as normas do periódico “**Acta Scientiae Veterinariae**” (Qualis B1, Fator de Impacto: 0,337).

**Acta Scientiae Veterinariae**

## ARTIGO CIENTÍFICO

**Avaliação do trabalho miocárdico em catetos (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758)**Paulo Vitor Silva de Carvalho<sup>1</sup> & Flavio Ribeiro Alves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional-PPGTAIR, Universidade Federal do Piauí-UFPI, Teresina, Piauí, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Morfofisiologia Veterinária - DMV, Universidade Federal do Piauí - UFPI, Teresina, Piauí, Brasil. CORRESPONDENCE: P.V.S Carvalho [veterinariopaulovitor@gmail.com – {Phone: +55 (99) 992132021}], Postgraduate Program in Technologies Applied to Animals of Regional Interest, Rua Dirce de Oliveira, 3397, Bairro Ininga, CEP: 64049-550, Teresina, PI, Brasil.

**RESUMO**

**Background:** O cateto, *Tayassu tajacu*, pertence a uma família dentro do Suiformes, Dicotylidae. É reconhecido como uma importante fonte de proteína para a população local na região amazônica, pré-amazônica e no semiárido. No entanto, são poucos os dados, encontrados na literatura que possam respaldar a influência da contenção, seja física ou química, no aparelho cardiovascular destes animais. Desta forma decidiu-se avaliar a fisiologia e morfologia por meio do trabalho miocárdico desses animais através de métodos avançados de ecocardiográfica.

**Materiais, Métodos & Resultados:** Foram utilizados 13 catetos (*Tayassu tajacu*, Linnaeus, 1758) hígidos, provenientes do Núcleo de Estudos e Preservação de Animais Silvestres (NEPAS/CCA-UFPI) da Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI. Os animais foram agrupados de forma aleatória em baias (10x5x3m), sem predileção por sexo, todos adultos com média de três anos de idade e peso variando entre 15 e 20Kg, sem necessidade de jejum alimentar ou hídrico.

Esses animais foram contidos quimicamente A sedação ocorreu pela aplicação intramuscular da associação de ketamina (8mg/kg), midazolam (0,5mg/kg) e tramadol (2mg/kg) em uma

29 mesma seringa, onde foram realizados ecocardiografia para obtenção de valores para trabalho  
30 miocárdico, como resultados foram obtidos, 1.682,54mmHg% para GWI – Índice de trabalho  
31 miocárdico; 87,92% para GWE – Eficiência de trabalho global; 1.978,62 mmHg% para GWW  
32 – Trabalho Global Desperdiçado; 1.978,62 mmHg% para GCW – Trabalho global construtivo.

33 **Discussão:** Os valores de referência segundo Associação Europeia de Imagem Cardiovascular  
34 são, para GWI 1,896 mmHg%, GCW 2,232 mmHg%, GWW 78.5 mmHg% e GWE 96% que  
35 corrobora com nossos achados sendo estes 1.682,54 para GWI; 87,92 para GWE; 1.978,62 para  
36 GWW; 1.978,62 para GCW. A curva de trabalho miocárdico, que demonstra similaridade com  
37 seu ápice encurtado e base mais larga, demonstrando assim um padrão de normalidade entre as  
38 diferentes espécies, aplicando-os as mais diferentes enfermidades que esses animais estão  
39 sujeitos.

40

41 **Palavras-chave: Cardiologia, Trabalho miocárdico, ecocardiografia, cateto.**

42

43

## INTRODUÇÃO

44 O cateto, *Tayassu tajacu*, pertence a uma família dentro do Suiformes, Dicotylidae. É  
45 reconhecido como uma importante fonte de proteína para a população local na região  
46 amazônica, pré-amazônica e no semiárido. Nos últimos anos a proposta de inclusão do cateto  
47 em projetos associados à sua reprodução em cativeiro, tem sido largamente empregada, devido  
48 pressão de caça a esta espécie (FEER, 1993; GOTTDENKER et al. 1998).

49 No entanto, são poucos os dados, encontrados na literatura que possam respaldar a  
50 influência da contenção, seja física ou química, no aparelho cardiovascular destes animais  
51 (MAYOR et al. 2005).

52 O ecocardiograma é uma ferramenta de imagem não-invasiva de diagnóstico em  
53 cardiologia veterinária e humana, amplamente utilizada e útil para a avaliação de uma série de

54 parâmetros cardiovasculares, incluindo, à avaliação do tamanho da câmara, anatomia valvar e  
55 função do miocárdio (SLEEPER et al., 2005).

56 O trabalho miocárdico é realizado através de cálculo utilizando a pressão arterial  
57 sistêmica e a deformação miocárdica por *strain*, evidenciando assim o esforço que o coração  
58 necessita para realizar suas funções. Foi implementado recentemente na medicina humana,  
59 através de pesquisas em cães (RUSSEL, 2013).

60 Desta forma este trabalho teve por objetivo avaliar a função cardíaca através de,  
61 aferição da pressão arterial por oscilometria de alta definição e análise de variáveis  
62 ecocardiográficas avançadas de catetos (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758).

## 63 **MATERIAIS E METODOS**

### 64 *Animais*

65 Foram utilizados 13 catetos (*Tayassu tajacu*, Linnaeus, 1758) hípidos, provenientes do Núcleo  
66 de Estudos e Preservação de Animais Silvestres (NEPAS/CCA-UFPI) da Universidade Federal  
67 do Piauí, Teresina-PI., todos adultos com média de três anos de idade e peso variando entre 15  
68 e 20 kg, sem necessidade de jejum alimentar ou hídrico.

69 Esses animais foram contidos quimicamente. A sedação ocorreu pela aplicação  
70 intramuscular da associação de ketamina 8mg/kg, midazolam 0,5mg/kg e tramadol 2mg/kg em  
71 uma mesma seringa

### 72 *Crítérios de exclusão*

73 Os animais que demonstraram qualquer alteração, após serem submetidos ao exame  
74 clínico geral e específico do sistema cardiovascular, sinais de alterações sistêmicas ao exame  
75 físico geral de acordo com Feitosa (2020), resultantes de doenças parasitárias, infecciosas ou  
76 cardiovasculares adquiridas, com potencial para influenciar os achados ecocardiográficos, bem  
77 como alterar os valores hemodinâmicos fisiológicos, como insuficiências valvares e distúrbios

78 de ritmo, identificados no eletrocardiograma acoplado ao aparelho de ecocardiografia foram  
79 excluídos do deste trabalho.

#### 80 *Exame ecocardiográfico*

81 Para a realização dos exames, foi utilizado um equipamento de ultrassonografia portátil  
82 Vivid IQ - GE, acoplado a uma sonda de multifrequencial (4.0 a 8.0 MHz) 6s. Para minimizar  
83 efeitos de estresse, os catetos foram manipulados sempre pelas mesmas pessoas, e os exames  
84 foram efetuados em local isento de interferências físicas e sensoriais. Para a realização dos  
85 exames, os animais foram posicionados em decúbito lateral esquerdo e direito, com a superfície  
86 torácica tricotomizada e o tórax avaliado após aplicação de gel condutor para ecocardiografia  
87 (Mercur®). O exame ecocardiográfico e as mensurações padrões foram tomadas levando em  
88 consideração protocolos previamente estabelecidos para pequenos animais (BOON, 2011).

89 A aferição de pressão arterial sistêmica por oscilometria de alta definição foi obtido no  
90 membro anterior esquerdo com uso de manguito apropriado em topografia de artéria braquial,  
91 realizando 7 medições por curva oscilométrica de alta definição com equipamento BSPN  
92 InPulse®.

93 Para análise do trabalho miocárdio foi utilizado *software* EchoPac no qual é possível  
94 realização do trabalho miocárdico através da pressão arterial sistêmica e valores obtidos pelos  
95 cortes ecocardiográficos longitudinais como apical duas câmaras, apical três câmaras e apical  
96 quatro câmaras,

#### 97 *Análise estatística*

98 Para realizar as análises estatísticas dos dados foi utilizado o *software* R versão 4.1. para  
99 as variáveis numéricas utilizou-se estatísticas descritivas como média, desvio-padrão e  
100 coeficiente de variação (CV%) que para valores abaixo de 20% indica homogeneidade na  
101 amostra, indicador importante na identificação de alta variabilidade na amostra. Para as  
102 variáveis qualitativas obteve-se as frequências absolutas (n) e relativas (%).

103 Para obtenção dos limites de normalidade, procedeu-se inicialmente com testes de  
104 Shapiro-Wilk para normalidade de cada parâmetro ecocardiográfico de catetos contidos  
105 quimicamente, em que valores de  $p > 0,05$  indicam que não rejeitamos a hipótese de que a  
106 amostra é proveniente de uma distribuição normal com nível de significância estabelecido de  
107 0,05. Esse resultado valida o estabelecimento dos limites inferior (LIN) e superior (LSN) de  
108 normalidade com 95% de confiança.

109

## 110 **RESULTADOS**

111 A Tabela 1 evidencia os valores de normalidade obtidos para as variáveis  
112 ecocardiográficas bidimensionais em modos B e M, e Doppler bem como as variáveis de  
113 trabalho miocárdico e pressão arterial sistêmica.

114 Os intervalos de referência de variação foram determinados pelo cálculo de intervalo de  
115 tolerância de 95%, projetado para cobrir 99% de todos os eventos futuros.

116 O ventrículo esquerdo foi identificado pelo formato cônico, e pela presença do seu ápice,  
117 assim selecionado os pontos de interesse para o *strain* global em 3 cortes e após inserir os  
118 resultados para trabalho miocárdico

119 Os valores de frequência cardíaca (FC) apresentaram média de 123,54bpm, acelerando  
120 e desacelerando ao longo da realização do exame. A mensuração da fração de ejeção (FE) com  
121 média em 55,46% e fração de encurtamento (FS) com média de 35,31%, bem como a utilização  
122 do método Simpson tendo como media 54,31%, permitiu a determinação da função sistólica do  
123 ventrículo esquerdo.

124 Para as variáveis de trabalho miocárdico foram obtidos valores médios de 1.682,54  
125 mmHg para GWI – Índice de trabalho miocárdico; 87,92 mmHg para GWE – Eficiência de  
126 trabalho global; 1.978,62 mmHg para GWW – Trabalho Global Desperdiçado; 1.978,62 mmHg  
127 para GCW – Trabalho global construtivo.

128 Para pressão arterial sistêmica foram obtidos valores médios de 134,54mmHg em sístole  
129 e 101,69mmHg em diástole.

130 A realização do exame mostrou-se segura, para os catetos contidos quimicamente, de  
131 forma relativamente fácil e rápida, associado a um aparelho de boa resolução, devidamente  
132 ajustado e executado por um examinador devidamente treinado

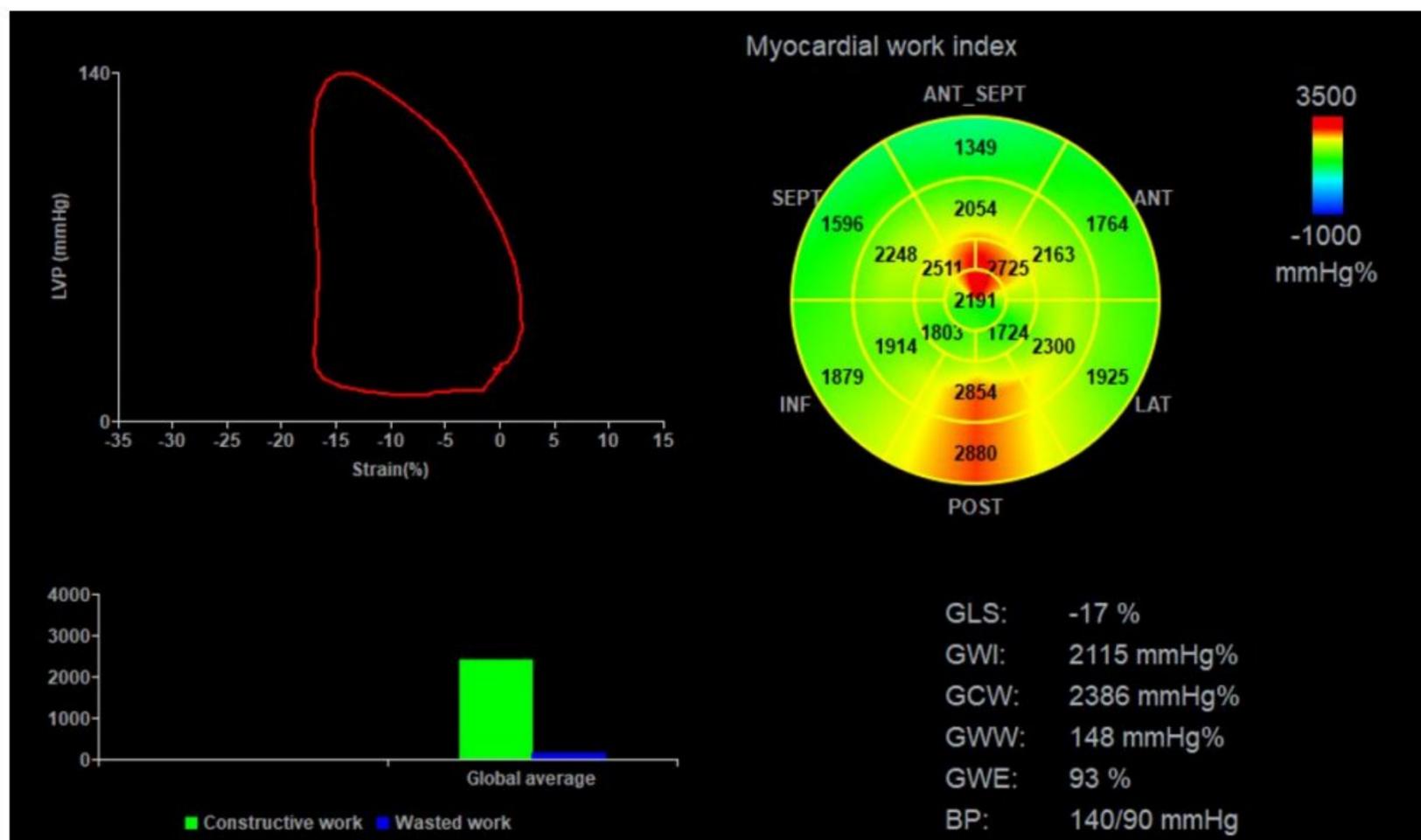
133

**Tabela 1** - Limites de normalidade de variáveis ecocardiográficas bidimensionais obtidos nos modos B e M e para Trabalho miocárdico, observadas em 13 catetos contidos quimicamente Teresina/PI/Brasil – 2022.

Parâmetro	Média ± DP	CV%	LIN	LSN	Valor <i>p</i> *
EF (%)	55,46 ± 3,78	6,81	53,18	57,74	0,56
FS (%)	35,31 ± 2,56	7,26	33,76	36,86	0,35
SIMPSON (FE% AUT.)	54,31 ± 2,29	4,21	52,93	55,69	0,02
GS (%) (-)	18,65 ± 0,47	2,53	18,37	18,94	0,41
GCW	1.978,62 ± 207,01	10,46	1853,52	2103,71	0,6
GWW	260,69 ± 10,5	4,03	254,35	267,04	0,95
GWI (mmHg%)	1.682,54 ± 147,57	8,77	1593,37	1771,71	0,39
GWE (%)	87,92 ± 1,12	1,27	87,25	88,6	0,02
PA (Sist)	134,54 ± 8,95	6,65	129,13	139,95	0,46
PA (Diast)	101,69 ± 13,49	13,27	93,54	109,85	0,32
FC (bpm)	123,54 ± 12,37	10,01	116,07	131,01	0,02

**Fonte:** Base de dados da pesquisa. \*DP - desvio-padrão amostral. CV%: coeficiente de variação em percentual. LIN: limite inferior de normalidade. LSN: limite superior de normalidade com nível de 95% de confiança. \* Teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Variáveis: FE - fração de ejeção; FS - fração de encurtamento; bpm - batimentos por minutos; IC – intervalo de confiança; CV – coeficiente de variação; DP – desvio padrão; Min-Max – mínima e máxima; r – coeficiente de correlação de Pearson. GWI – Índice de trabalho miocárdico; GWE – Eficiência de trabalho global; GWW – Trabalho Global Desperdiçado; GCW – Trabalho global construtivo; PA – Pressão Arterial.

**Figura 1** – Demonstração de curva de trabalho miocárdio de acordo com pressão e parâmetros de trabalho miocárdico



134

135

## DISCUSSÃO

136 Os cortes e a obtenção das imagens ecocardiográficas já são bem estabelecidos para  
 137 caninos e felinos utilizando assim este método para obtenção em catetos, sendo um método de  
 138 fácil aplicação em catetos (Boon 2011). Não há estudos que evidencie o trabalho miocárdico  
 139 em catetos bem como são escassas informações em outras espécies. Na medicina humana já é  
 140 utilizado o trabalho miocárdico em uma série de aplicação com o advento e melhora da técnica,  
 141 todavia ainda necessitando de mais estudos e aperfeiçoamento de *software* (ILARDI, 2021).  
 142 Estudos foram conduzidos em referência a cardiopatias em seres humanos evidenciando que a  
 143 técnica pode já evidenciar alterações precocemente mostrando ser uma ferramenta para melhor  
 144 entender a função cardíaca segmentar (ILARDI, 2021).

145 A pressão arterial sistêmica aferida por oscilometria, obteve-se resultados de 134mmHg  
 146 em sístole e 101mmHg em diástole valores esses similares aos encontrados por Gladczak  
 147 (2013), em seu estudo com suíno normotenso, validando assim os presentes resultados para  
 148 serem empregados ao trabalho miocárdico.

149 Edwards (2020), na medicina humana, mostra os valores de referência segundo  
150 Associação Europeia de Imagem Cardiovascular são, para GWI 1,896 mmHg%, GCW 2,232  
151 mmHg%, GWW 78.5 mmHg% e GWE 96% que corrobora com achados nesse estudo.

152 De acordo com Billig (2019), que realizou um estudo de ecocardiografia transesofágica  
153 para análise de trabalho miocárdico em suínos domésticos, para estabelecer parâmetros nesses  
154 animais uma vez que, a ecocardiografia transtorácicas é de difícil acesso pela proximidade de  
155 arcos costais e perfil torácico, obtiveram os resultados para GWI 1885mmHg%, GCW  
156 2100mmHg% GWW 360mmHg%, GWE 82.6%, o que corrobora com o presente estudo, pela  
157 proximidade dos valores e ainda, evidenciando que é possível a realização do método pelas  
158 janelas paraesternais,

159 Os valores encontrados para GWW no presente estudo, quando comparado com seres  
160 humanos, pode ser explicado pela presença de contenção química, que podem interferir nesta  
161 variável (BILLIG, 2019).

162 Manganaro et al. (2020), evidenciaram boa correlação da função sistólica e diastólica  
163 mensurada por métodos clássicos e os valores obtidos pelo trabalho miocárdico, que se  
164 assemelha em nossos resultados, uma vez que os valores obtidos em catetos para trabalho  
165 miocárdico estão dentro da normalidade para fração de ejeção e encurtamento.

166 A aquisição do apical quatro câmaras para análise de trabalho miocárdico, necessitou  
167 de uma adaptação da janela para melhor visualização e captação do *strain* o que também foi  
168 evidenciado por Biliig (2020), em seu estudo com suínos domésticos da raça Landrace.

169 Corrobora-se ainda com Biliig (2020), quando compara-se a curva de trabalho  
170 miocárdico, que demonstra similaridade com seu ápice encurtado e base mais larga demonstrando  
171 assim um padrão de normalidade entre as diferentes espécies.

172 Quando comparamos nossos resultados de curva miocárdica e *Bulls eye* para índices de  
173 normalidade, encontramos valores similares de acordo, aos encontrados para humanos sem

174 presença de doença cardíaca ou hipertensão arterial sistêmica, novamente evidenciando uma  
175 base mais larga com discreta ápice apiculado na curva e evidenciando um *strain* global de -20%  
176 e GWI de 1770mmHg% com *bull's eye* colorido predominantemente verde segundo Roemer,  
177 (2021), que neste trabalho observou-se a mesma característica apresentando, *strain* global de -  
178 17% e GWI de 2115, é possível ainda visualizar discretas regiões em vermelho em nossos  
179 estudos e pode-se associar este ao uso de contenção química, uma vez que para humanos o  
180 método é feito sem sedação.

181 Chan et al. (2018), estudaram a influência da hipertensão arterial sistêmica e  
182 cardiomiopatia isquêmica e não isquêmica e obteve resultados que mostram um aumento do  
183 esforço miocárdico especialmente em relação redução do trabalho miocárdico e aumento do  
184 trabalho desperdiçado, estes achados se tornam interessantes uma vez que em catetos estão  
185 sujeitos a essas doenças, e neste estudo os achados podem corroborar om futuras pesquisa na  
186 busca de alterações precoces do esforço do miocárdio em situações de enfermidades.

187 Hiemstra et al. (2020) observaram que em pacientes com cardiomiopatia hipertrófica  
188 não obstrutiva, o GCW e GWE diminuíram significativamente e que o tamanho da parede septal  
189 quando comparado ao segmento com pior trabalho, a curva de trabalho miocárdico diminui  
190 significativamente sua base demonstrando um pior prognostico previamente a sinais clínicos,  
191 este achado é importante pois mostra o método como uma importante ferramenta para detecção  
192 de alterações nessa doença e podemos aplicar aos animais pesquisados.

193 Todos esses achados e inferência são importantes para serem usados como base  
194 resultados aplicando-os as mais diferentes enfermidades que esses animais estão sujeitos,  
195 tornando uma ferramenta de fácil aplicabilidade.

196

197

198

## CONCLUSÃO

199  
200 A avaliação do trabalho miocárdico através da ecocardiografia avançada é um  
201 importante método para detecção de alterações a fisiologia do coração, tornando o método  
202 acurado e de fácil aplicabilidade a espécie, sendo possível detectar padrões de normalidade e  
203 servir de base a futuras pesquisas relacionado a este assunto.

## FABRICANTES

204 <sup>1</sup>GE Healthcare®, Contagem, MG, Brazil.

206 *Aprovação Ética:* Os protocolos utilizados neste trabalho foram aprovados pelo Comitê de  
207 Ética em Uso Animal - CEUA/UFPI (N° 0117/2015).

208 *Declaração de interesse:* Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## REFERÊNCIAS

- 209  
210 BOON, J. A. Veterinary echocardiography. 2. ed. West Sussex: **Wiley Blackwell**. P. 632. 2011.
- 211 BILLIG, S.; ZAYAT, R.; EBELING, A.; STEFEN, H.; NIX, C.; HATAM, N.; SCHNÖRING  
212 H.; DERWALL, M. Transesophageal echocardiography in swine: evaluation of left and right  
213 ventricular structure, function and myocardial work. **The International Journal of**  
214 **Cardiovascular Imaging**. 2020
- 215 CHAN, J.; EDWARDS N.F.A.; KHANDHERIA K. B.; SABAPATHY, S. K. J.; BONITA  
216 ANDERSON, B.; ROBERT CHAMBERLAIN, R.; SCALIA, M. G. A new approach to assess  
217 myocardial work by non-invasive left ventricular pressure–strain relations in hypertension and  
218 dilated cardiomyopathy. **European Heart Journal – Cardiovascular Imaging**. V. 20, p. 31 –  
219 39. 2018
- 220 EDWARDS, N. F. A.; SCALIA, G. M.; SHIINO, K.; SABAPATHY, S.; ANDERSON, B.;  
221 FEER, F. The potential for sustainable hunting and rearing of game in tropical forests. In:  
222 HLADIK, C. M.; HLADIK, A.; LINARES, O. F.; PAGEZY, H.; SEMPLE, A.; HADLEY, M.  
223 editors. Tropical forests, people and food: biocultural interactions and applications to  
224 development. Paris: **The Parthenon Pub Group**; 1993. p. 691–708.

225 HIEMSTRA, L. Y.; BIJL, D. V. P.; MAHDIUI, E. M.; BAX, J. J.; DELGADO, V.; MARSAN,  
226 A. N.; Myocardial Work in Nonobstructive Hypertrophic Cardiomyopathy: Implications for  
227 Outcome. **J Am Soc Echocardiogr.** n. 33 p. 1201 – 1208. 2020.

228 ILARDI, F.; D'ANDREA, A.; D'ASCENZI, F.; BANDERA, F.; BENFARI, G.; ESPOSITO,  
229 R.; MALAGOLI, A.; ELENA, G.; SANTORO, C.; RUSSO, V.; CRISCI, M.; ESPOSITO, G.;  
230 CAMELI, M. Myocardial Work by Echocardiography: Principles and Applications in Clinical  
231 Practice. **J. Clin. Med.** V. 10, 2021

232 MAYOR, P.; LÓPEZ-GATIUS, F.; LÓPEZ-BÉJAR, M. Integrating ultrasonography within the  
233 reproductive management of the collared peccary (*Tayassu tajacu*). **Theriogenology**, v. 63, n.  
234 7, p. 1832-43, 2005.

235 MANGANARO ET, AL. Correlation between non-invasive myocardial work indices and main  
236 parameters of systolic and diastolic function: results from the EACVI NORRE study.  
237 **European Heart Journal - Cardiovascular Imaging**, Vol. 21, n. 5, p 533–541, 2020

238 RUSSELL, K.; ERIKSEN, M.; AABERGE, L.; WILHELMSSEN, N.; SKULSTAD, H.;  
239 GJESDAL, O. Assessment of wasted myocardial work: a novel method to quantify energy loss  
240 due to uncoordinated left ventricular contractions. **Am J Physiol Heart Circ Physiol** vol. 305.  
241 n. 7 p. 996–1003. 2013

242 ROEMER, B.S.S; JAGLAN, D.O.A; SANTOS, A.A.S.D; UMLAND, B.S.M; JAIN, M.D.R;  
243 TAJIK, M.D.A, KHANDHERIA, M.D.K. The Utility of Myocardial Work in Clinical Practice.  
244 **Journal of the American Society of Echocardiography.** v. 34(8), p. 807-818, 2021.

245 SLEEPER, M. M.; DOANE C. J.; LANGNER P. H.; CURTIS, S.; AVILA, K.; LEE, D. R.  
246 Successful treatment of idiopathic dilated cardiomyopathy in an adult chimpanzee (*Pan*  
247 *trogodytes*). **Comparative Medicine**, v. 55, n. 1, p. 80-84, 2005.

248 **LEGENDAS**

249 **Tabelas**

250 **Tabela 1.** Limites de normalidade de variáveis ecocardiográficas bidimensionais obtidos nos  
251 modos B e M e para Trabalho miocárdico– Teresina/PI/Brasil – 2022. observadas em 13 catetos  
252 contidos quimicamente.

253 **Figuras**

254 **Figura 1.** Demonstração de curva de trabalho miocárdio de acordo com pressão e parâmetros  
255 de trabalho miocárdico

#### **4. CAPÍTULO II\***

---

\* Artigo elaborado de acordo com as normas do periódico “**Acta Scientiae Veterinariae**” (Qualis B1, Fator de Impacto: 0,337).

1 **Acta Scientiae Veterinariae**

2 **ARTIGO CIENTÍFICO**

3  
4 **Avaliação ecocardiográfica de catetos (*Tayassu tajacu* Linnaeus, 1758) para obtenção de**  
5 **parâmetros fisiológicos para encurtamento pós sistólico através do *strain* cardíaco por**  
6 **“Speckle Tracking”**

7 Paulo Vitor Silva de Carvalho<sup>1</sup> & Flavio Ribeiro Alves<sup>2</sup>

8  
9 <sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Tecnologias Aplicadas a Animais de Interesse Regional-  
10 PPGTAIR, Universidade Federal do Piauí-UFPI, Teresina, Piauí, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de  
11 Morfofisiologia Veterinária - DMV, Universidade Federal do Piauí - UFPI, Teresina, Piauí, Brasil.  
12 CORRESPONDENCE: P.V.S. Carvalho [veterinariopaulovitor@gmail.com – Phone: +55 (99)  
13 99991122021], Postgraduate Program in Technologies Applied to Animals of Regional Interest,  
14 Rua Dirce de Oliveira, 3397, Bairro Ininga, CEP: 64049-550, Teresina, PI, Brasil.  
15

16 **RESUMO**

17 **Background:** A ecocardiografia é um método de imagem que podemos ter informações rápidas e  
18 de fácil aplicabilidade sobre função sistólica e diastólica cardíaca. Através do Doppler é possível  
19 identificar fluxos e frações de função sistólica bem como a realização do *strain* em busca de  
20 contrações segmentares. Em catetos é possível realizar a ecocardiografia de maneira fácil e prática,  
21 bem como a aplicação de métodos avançados como o *strain* longitudinal. Pela falta de informações  
22 na literatura para a espécie estudada, decidiu-se avaliar o índice de encurtamento pós sistólico  
23 (PSI) através do *strain* por speckle tracking em catetos hígidos afim de determinar valores  
24 presumidamente normais para esse índice.

25 **Materiais, Métodos & Resultados:** Foram utilizados 13 catetos (*Tayassu tajacu*, Linnaeus, 1758)  
26 hígidos, provenientes do Núcleo de Estudos e Preservação de Animais Silvestres da Universidade  
27 Federal do Piauí, Teresina-PI. Os animais foram agrupados de forma aleatória em baias  
28 (10x5x3m), sem predileção por sexo, todos adultos com média de três anos de idade e peso

29 variando entre 15 e 20Kg, sem necessidade de jejum alimentar ou hídrico. Esses animais foram  
30 contidos quimicamente A sedação ocorreu pela aplicação intramuscular da associação de ketamina  
31 8mg/kg, midazolan 0,5mg/kg e tramadol 2mg/kg em uma mesma seringa,

32 **Discussão:**. Os dados foram obtidos de forma rápida e eficaz, mostrando que o método tem  
33 aplicabilidade para espécie estudada, obtendo imagens de qualidade e valores homogêneos. Os  
34 movimentos pós sistólicos podem estar relacionados a ejeção atrasada ocasionada pelo miocárdio  
35 após o fechamento da valva aórtica e esta pode estar relacionado a isquemia do musculo cardíaco,  
36 em nosso estudo pode-se observar um discreto aumento da curva após a o fechamento valvar e  
37 podemos relacionar isso ao método de contenção aplicado. Em um estudo sobre o impacto do  
38 índice de encurtamento pós sistólico mostrou que essa variável em seres humanos com hipertensão  
39 foi associada com disfunção diastólica, este ainda foi correlacionado com alongamento diastólico  
40 retardado, aos resultados desta pesquisa, podemos analisar que o método serve ainda para predizer  
41 achados da função diastólica em catetos, tornando assim uma base para busca de disfunção  
42 diastólica nesses animais uma vez que em certos momentos podemos observar um aumento da  
43 curva todavia com o *strain* global normal obtido de -17,2% quando comparado a outras espécies  
44 como cães e seres humanos evidencia similaridade nos resultados podendo considerar este um  
45 padrão de normalidade. As curvas do *strain* longitudinal também corroboram com estudos em cães  
46 e seres humanos evidenciando linha e curvas simultâneas sem dispersão ou dissincronia entra elas  
47 dos seis segmentos do miocárdio avaliados. Com a falta de literatura para catetos, em relação a  
48 padrões de normalidade para *strain* global, encurtamento pós sistólico e análise das curvas obtidas  
49 pelo *strain*, nossos resultados corroboram com o método que pode ser aplicado a espécie e obter  
50 imagens de qualidade e fornecer dados para futuras pesquisas.

51

52 **Palavras-chave:** Ecocardiografia, encurtamento pós sistólico, cardiologia, cateto

53

## INTRODUÇÃO

A ecocardiografia é um método de imagem que podemos ter informações rápidas e de fácil aplicabilidade sobre função sistólica e diastólica cardíaca. Através do Doppler é possível identificar fluxos e frações de função sistólica bem como a realização do *strain* em busca de contrações segmentares (BOON, 2011)

Em catetos é possível realizar a ecocardiografia de maneira fácil e prática, bem como a aplicação de métodos avançados como o *strain* longitudinal (BONAGURA, 1998).

A avaliação do *strain* pelo *speckle tracking* foi incorporado recentemente na medicina veterinária como auxílio ao diagnóstico definitivo assim como na determinação do prognóstico das alterações cardíacas, visto que até então a técnica limitava-se à pesquisa. Como demonstrado em inúmeros resultados da análise do *strain* em cães e gatos (CHETBOUL, 2010).

Técnicas avançadas de ecocardiografia como a quantificação do *strain* e do *strain rate* por *speckle-tracking* (ST) têm se mostrado cada vez mais úteis na avaliação cardiovascular de animais silvestres devido a capacidade de obtenção de diagnósticos precoces de alterações miocárdicas (BOON et al. 2011). Estas se sobressaem pelo fato de serem independente do ângulo de insonação, diferentemente da ecocardiografia bidimensional, a qual a torna limitada em alguns aspectos (AMUNDSEN et al. 2006)

A técnica *strain*, permite a avaliação quantitativa direta das funções miocárdicas regionais sistólicas e diastólicas. É um método sensível para quantificar a função sistólica regional em diversas afecções cardíacas (WESS et al. 2010). Permite a avaliação da deformidade cardíaca regional em diferentes segmentos miocárdicos nas direções radial, longitudinal e circunferencial (TESKE et al., 2007), o que o torna um método ideal para caracterizar a heterogeneidade da função miocárdica presente nas cardiomiopatias (HO et al. 2009; WESS et al. 2010).

Considerando o exposto e a ausência de informações na literatura para a espécie estudada, decidiu-se avaliar o índice de encurtamento pós sistólico (PSI) através do *strain* por *speckle tracking* em catetos hígidos a fim de determinar valores presumidamente normais para esse índice.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### 81 *Animais*

82 Foram utilizados 13 catetos (*Tayassu tajacu*, Linnaeus, 1758) hípidos, provenientes do  
83 Núcleo de Estudos e Preservação de Animais Silvestres (NEPAS/CCA-UFPI) da Universidade  
84 Federal do Piauí, Teresina-PI. Os animais foram agrupados sem predileção por sexo, todos adultos  
85 com média de três anos de idade e peso variando entre 15 e 20Kg, sem necessidade de jejum  
86 alimentar ou hídrico. Esses animais foram contidos quimicamente A sedação ocorrerá pela  
87 aplicação intramuscular da associação de ketamina 8mg/kg, midazolam 0,5mg/kg e tramadol  
88 2mg/kg em uma mesma seringa. Os protocolos utilizados neste trabalho foram aprovados pelo  
89 Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFPI (Nº 0117/2015).

### 90 *Crítérios de exclusão*

91 Os critérios de exclusão foram aplicados aos animais que demonstraram qualquer alteração,  
92 após submetidos a exame clínico geral e específico do sistema cardiovascular. Foram excluídas do  
93 trabalho aquelas que apresentaram sinais de alterações sistêmicas resultantes de doenças  
94 parasitárias, infecciosas e cardiovasculares adquiridas, com potencial para influenciar os achados  
95 ecocardiográficos, bem como alterar os valores hemodinâmicos fisiológicos, como insuficiências  
96 valvares e distúrbios de ritmo identificados no eletrocardiograma acoplado ao aparelho de  
97 ecocardiografia.

### 98 *Exame ecocardiográfico*

99 Para a realização dos exames, foi utilizado um equipamento de ultrassonografia portátil  
100 Vivid IQ - GE, acoplado a uma sonda de multifrequencial (4.0 a 8.0 MHz) 6s. Para minimizar  
101 efeitos de estresse, os catetos foram manipulados sempre pelas mesmas pessoas, e os exames foram  
102 efetuados em local ausentes de interferências físicas e sonoras. Para a realização dos exames, os  
103 animais foram posicionados em decúbito lateral esquerdo e direito, com a superfície torácica  
104 tricotomizada e o tórax avaliado após aplicação de gel condutor para ecocardiografia (Mercur®).

105 O exame ecocardiográfico e as mensurações padrões foram tomadas levando em consideração  
106 protocolos previamente estabelecidos para pequenos animais (BOON, 2011)

### 107 *Estatística*

108 Para realizar as análises estatísticas dos dados foi utilizado o software R versão 4.1. Os  
109 resultados estão apresentados em tabelas, sendo que para as variáveis numéricas utilizou-se  
110 estatísticas descritivas como média, desvio-padrão e coeficiente de variação (CV%) que para  
111 valores abaixo de 20% indica homogeneidade na amostra, indicador importante na identificação  
112 de alta variabilidade na amostra. Para as variáveis qualitativas, obteve-se as frequências absolutas  
113 (n) e relativas (%).

114 Para obtenção dos limites de normalidade, procedeu-se inicialmente com testes de Shapiro-  
115 Wilk para normalidade de cada parâmetro ecocardiográfico de catetos contidos quimicamente, em  
116 que valores de  $p > 0,05$  indicam que não rejeitamos a hipótese de que a amostra é proveniente de  
117 uma distribuição normal com nível de significância estabelecido para o teste de 0,05. Esse  
118 resultado valida o estabelecimento dos limites inferior (LIN) e superior (LSN) de normalidade  
119 com 95% de confiança.

## 120 **RESULTADOS**

121 A Tabela 1, mostra a contratilidade correta e incorreta, bem como a média, por segmento  
122 miocárdico em relação a porcentagem.

123 A figura 1, evidencia o bulls eye com cor predominantemente vermelha, visualiza-se áreas  
124 de coloração azulada, sendo está um possível achado pela contenção química uma vez que o *strain*  
125 global encontra-se dentro da normalidade 19.6%.

126 Figura 2, mostra curvas extraídas do *strain* e ponto de encurtamento pos sistólico após  
127 fechamento de valva aórtica e nos cortes apicais longitudinais 4 câmaras e 2 câmaras, bem como  
128 bulls eyes de maioridade na coloração vermelha e uma discreta região de coloração azul.

129 Na figura 3, relata o bulls eye do *strain* global em sua maioria na coloração avermelhada.

130

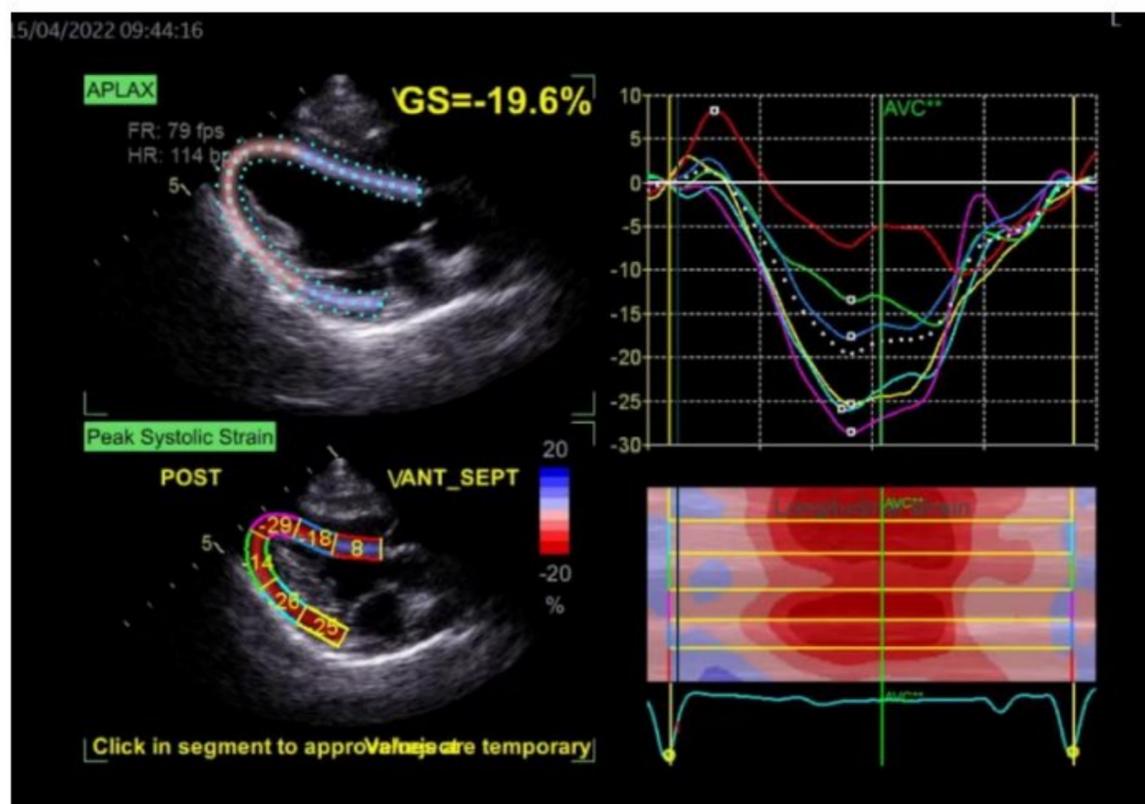
**Tabela 1** - Contratilidade por segmento cardíaco analisado em 13 catetos contidos quimicamente.

Parâmetros	Contração correta ( $\leq 18$ )		Contração incorreta ( $>18$ )		Média
	n	%	n	%	
<b>Basal</b>					
Inferior	8	61,54	5	38,46	10,46
Posterior	11	84,62	2	15,38	6,46
Lateral	12	92,31	1	7,69	2,77
Anterior	13	100,00	0	0,00	2,46
Anteroseptal	13	100,00	0	0,00	1,15
Septal	12	92,31	1	7,69	6,85
<b>Mid</b>					
Inferior	11	84,62	2	15,38	4,46
Posterior	12	92,31	1	7,69	2,46
Lateral	13	100,00	0	0,00	0,00
Anterior	13	100,00	0	0,00	0,00
Anteroseptal	13	100,00	0	0,00	0,00
Septal	13	100,00	0	0,00	4,23
<b>Apical</b>					
Inferior	12	92,31	1	7,69	8,46
Posterior	13	100,00	0	0,00	0,00
Lateral	13	100,00	0	0,00	0,00
Anterior	13	100,00	0	0,00	0,00
Anteroseptal	13	100,00	0	0,00	0,00
Septal	4	30,77	2	15,38	11,83

Fonte: Base de dados da pesquisa. n: frequência absoluta; % frequência relativa.

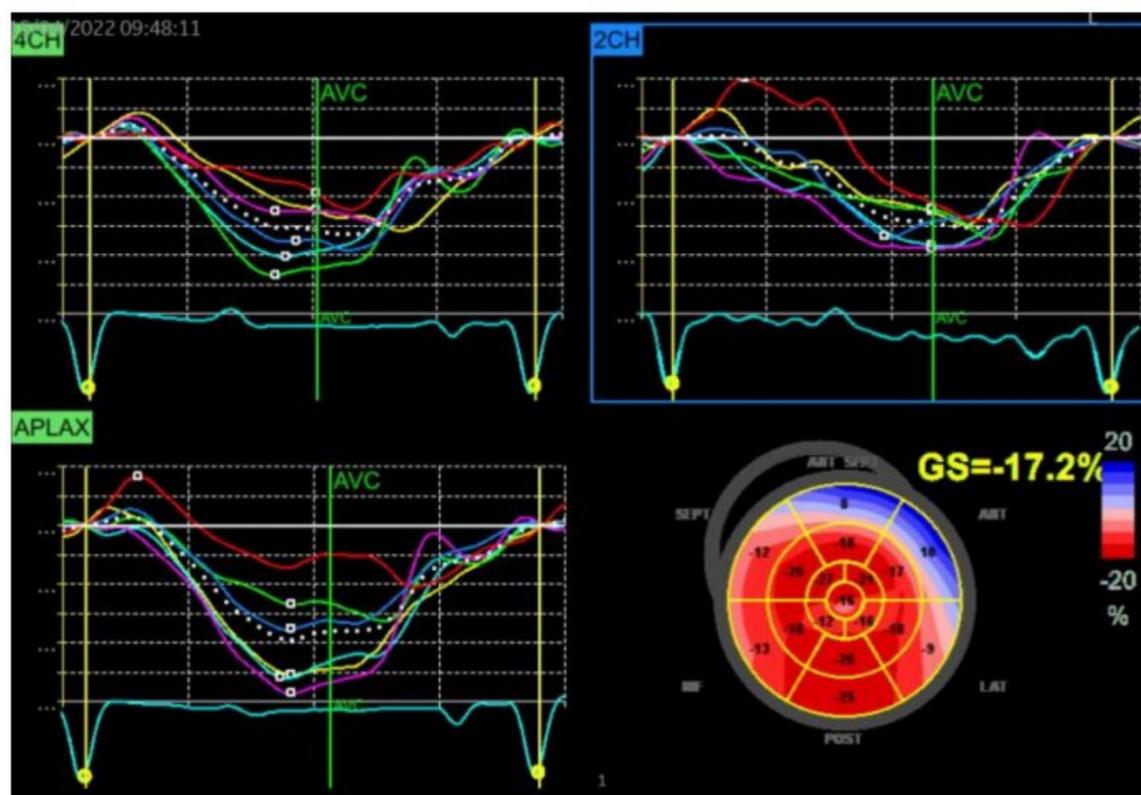
131

132 **Figura 1 – Strain em pico sistólico aplanx evidenciando as curvas de encurtamento e**  
 133 **fechamento de válvula aórtica.**



134

135 **Figura 2 – Curvas extraídas do *strain* em corte apical longitudinal 4 câmaras, duas**  
 136 **câmaras e ápice.**



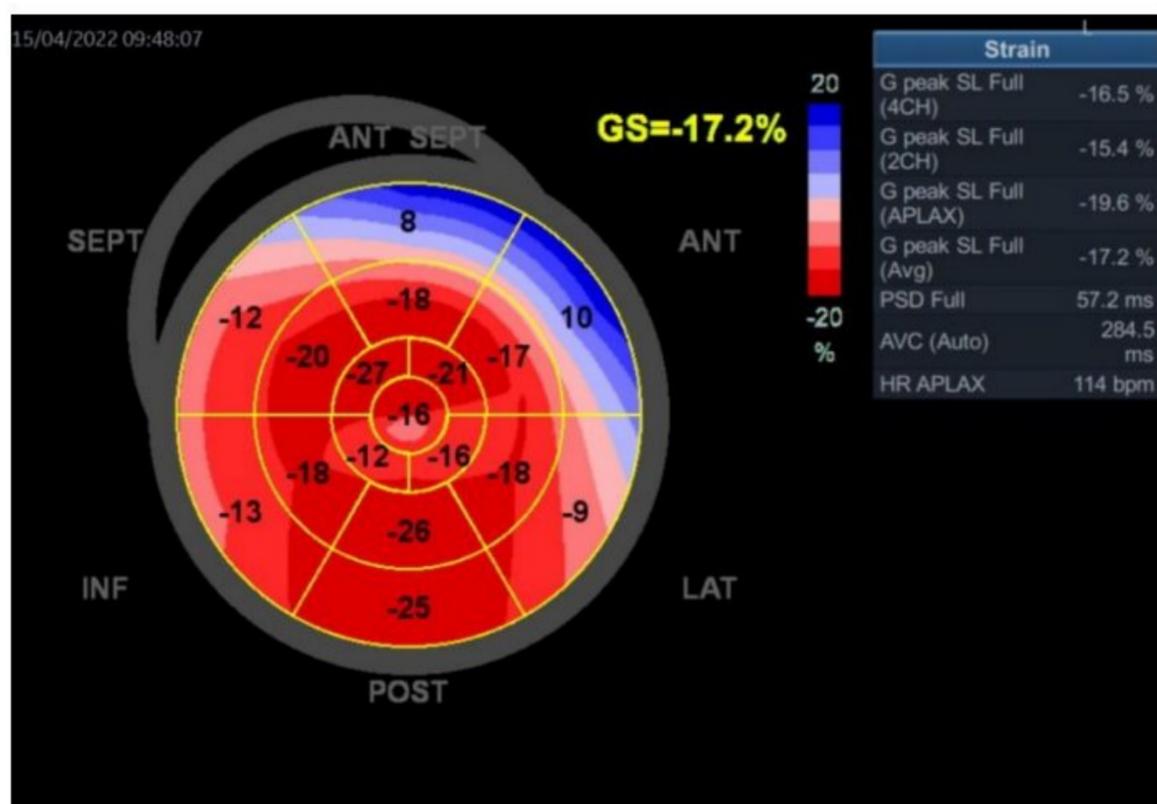
137

138

139

140

**Figura 3 – Bulls Eye de segmentos miocárdicos e *strain* global.**



141

142

143

**DISCUSSÃO**

144 Os dados foram obtidos de forma rápida e eficaz, mostrando que o método tem  
145 aplicabilidade para espécie estudada, obtendo imagens de qualidade e valores homogêneos.

146 De acordo com Ishii (2009), os movimentos pós sistólicos podem estar relacionados a  
147 ejeção atrasada ocasionada pelo miocárdio após o fechamento da valva aórtica e esta pode estar  
148 relacionado a isquemia do músculo cardíaco, em nosso estudo pode-se observar um discreto  
149 aumento da curva após o fechamento valvar e podemos relacionar isso ao método de contenção  
150 química aplicado.

151 Em um estudo sobre o impacto do índice de encurtamento pós sistólico mostrou que essa  
152 variável em seres humanos com hipertensão foi associada com disfunção diastólica, este ainda foi  
153 correlacionado com alongamento diastólico retardado, comparando aos nossos resultados,  
154 podemos analisar que o método serve ainda para predizer achados da função diastólica em catetos,  
155 tornando assim uma base para busca de disfunção diastólica nesses animais uma vez que em certos  
156 momentos podemos observar um aumento da curva todavia com *strain* global preservado (TSAIA,  
157 2012).

158 O *strain* global obtido de -17,2% quando comparado a outras espécies como cães e seres  
159 humanos evidencia similaridade nos resultados podendo considerar este um padrão de  
160 normalidade (BRAININ, 2018; CHETBOUL, 2008).

161 No *bullseye* em nossos estudos alguns animais tiveram áreas de déficit de contração sendo  
162 evidenciado no *bullseye* em coloração azulada quando comparado a seres humanos e cães, este  
163 achado pode ser explicado devido as drogas anestésicas e pode ser descartado uma vez que o *strain*  
164 global encontra-se dentro do padrão de normalidade (LUNKENHEIMER, 2006; BRAININ, 2018).

165 As curvas do *strain* longitudinal também corroboram com estudos em cães e seres humanos  
166 evidenciando linha e curvas simultâneas sem dispersão ou dissincronia entra elas dos sei  
167 segmentos do miocárdio avaliados (CHETBOUL, 2008)

168 Em um estudo realizado, para o entendimento das curvas do *strain* e encurtamento pós  
169 sistólico em áreas de isquemia de dez suínos domésticos mostrou como linha base no grupo  
170 controle, curvas simétricas e não dispersas, que corrobora com nossos achados principalmente no  
171 segmento apical que em nossos estudos tivemos média de 13% – 31% quando comparado a 21,7%  
172 em suínos domésticos (BACHNER-HINENZON, 2015).

173 A aquisição do apical 4 câmaras para análise do encurtamento pós sistólico, *strain* global  
174 e curvas foi necessário adaptação da janela, para melhor visualização e captação do *strain* o que  
175 também foi evidenciado por Biliig (2020), em seu estudo com suínos domésticos da raça Landrace.

176 Com a falta de literatura, praticamente inexistente para catetos, em relação a padrões de  
177 normalidade para *strain* global, encurtamento pós sistólico e análise das curvas obtidas pelo *strain*,  
178 nossos resultados mostram que, o método pode ser aplicado a espécie e obter imagens de qualidade  
179 e fornecer dados para futuras pesquisas.

180

181

182

183

## CONCLUSÃO

184 O encurtamento pós sistólico é um importante valor preditivo de isquemias e déficit de  
185 contratilidade, sendo este método importante na avaliação e estudo da função miocárdica, os  
186 valores demonstrados contribuição para literatura fornecendo base de dados para futuras pesquisas  
187 relacionadas a espécie, sendo este um método de fácil aplicabilidade a pacientes contidos  
188 quimicamente.

189

## FABRICANTES

191 <sup>1</sup>GE Healthcare®, Contagem, MG, Brazil.

192 **Aprovação Ética:** Os protocolos utilizados neste trabalho foram aprovados pelo Comitê de Ética  
193 no Uso de Animais- CEUA/UFPI (Nº 0117/2015).

194 **Declaração de interesse:** Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

195

## REFERÊNCIAS

- 196 BILLIG, S.; ZAYAT, R.; EBELING, A.; STEFEN, H.; NIX, C.; HATAM, N.; SCHNÖRING H.;
- 197 BONAGURA J.D. & MILLER M.W. Doppler echocardiography II - color Doppler
- 198 imaging. *Veterinary Clinics of North American. Small Animal Practice*. 28(6): 1361-1389. 1998
- 199 BOON J.A. Evaluation of size, function and hemodynamics. In: Boon J. (Ed.). *Veterinary*
- 200 *Echocardiography*. 1.ed. Chichester, UK. Wiley-Blackwell Editora, pp. 153-267. 2011.
- 201 DERWALL, M. Transesophageal echocardiography in swine: evaluation of left and right
- 202 ventricular structure, function and myocardial work. **The International Journal of**
- 203 **Cardiovascular Imaging**. 2020
- 204 BACHNER-HINENZON, A; MALKA, A; MEERKIN, Y. B.; ERTRACHT, O; CARASSO, S;
- 205 SHOFTI, R; LEITMAN, M; VERED, Z; ADAM, D; BINAH, O. Strain Analysis in the Detection
- 206 of Myocardial Infarction at the Acute and Chronic Stages. **Wiley Periodicals, Inc**
- 207 **echocardiography**. 2015.
- 208 ISHII K, SUYAMA T, IMAI M, MAENAKA M, YAMANAKA A, MAKINO Y, et al. Abnormal
- 209 regional left ventricular systolic and diastolic function in patients with coronary artery disease
- 210 undergoing percutaneous coronary intervention. Clinical significance of postischemic diastolic
- 211 stunning. **J Am Coll Cardiol**. n. 54, p. 1589–1597. 2009.
- 212 LUNKENHEIMER, P. P.; REDMANN, K.; KLING, N. et al. Three-dimensional architecture of
- 213 the left ventricular myocardium. **Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol**. n. 288, p. 565–78. 2006.
- 214 CHETBOUL V, SERRES F, GOUNI V, et al. Non-invasive assessment of systolic left ventricular
- 215 torsion by 2-dimensional speckle tracking imaging in the awake dog: repeatability, reproducibility,
- 216 and comparison with tissue Doppler imaging variables. **J Vet Intern Med**. n. 22, p. 342–50. 2008
- 217 TSAIA, W.; LIUA, Y.; CHENA, JU.; HUANGA, Y.; SHIHB, J.; TSAIA, L.; CHENA, J.
- 218 Postsystolic strain index is associated with delayed diastolic lengthening and diastolic dysfunction

219 of the left ventricle in untreated hypertension. **J Journal of Hypertension.** v. 30, p. 787–793.  
220 2012.

## 221 **LEGENDAS**

### 222 **Tabelas**

223 **Tabela 1.** Contratilidade de cada segmento cardíaco analisado em 13 catetos contidos  
224 quimicamente..

### 225 **Figuras**

226 **Figura 1.** Strain em pico sistólico aplax evidenciando as curvas de encurtamento e fechamento de  
227 válvula aórtica.

228 **Figura 2.** Curvas extraídas do strain em corte apical longitudinal 4 câmaras, duas câmaras e ápice.

229 **Figura 3.** Bulls Eye de segmentos miocárdicos e strain global

230

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

## 243 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

244

245 Avaliar a função cardíaca de catetos através de eletrocardiograma, aferição de pressão  
246 arterial sistêmica por oscilometria em alta definição e análise de variáveis ecocardiográficas  
247 avançadas, é importante para o melhor entendimento da fisiologia e dinâmica cardíaca,  
248 corroborando para preservação e manutenção da espécie, principalmente estes que vivem em  
249 cativeiro, obtendo valores de referência contribuindo para futuras pesquisas.

250 Os resultados obtidos neste estudo podem ser utilizados como base para o diagnóstico de  
251 enfermidades relacionados ao sistema cardiovascular em catetos, auxiliando futuros pesquisadores  
252 e cardiologistas.

253 A necessidade de contenção química para a espécie pode ser um fator que prejudique os  
254 dados uma vez que, em medicina humana esses valores são obtidos sem sedação. O tamanho  
255 reduzido da amostra também é um fator importante, todavia os animais silvestres são de difícil  
256 contenção e pouco participativo para realização e captação de dados, de qualquer forma, os  
257 resultados obtidos puderam ser comparados a outras espécies para analisar semelhança nos  
258 achados.

259 Pensando nestes animais como animais de modelo experimental, o entendimento da  
260 fisiologia e morfologia cardíaca, é importante para que futuras pesquisas consigam maiores  
261 resultados tendo em vista a necessidade de sedação, sendo esta, muitas vezes, depressora do  
262 sistema cardiovascular.

263 A ecocardiografia avançada deve ser encorajada e aplicada também a estes animais, uma  
264 vez que entender e compreender a anatomia e mecânica cardíaca é preservar a espécie,  
265 contribuindo para o meio ambiente.

266

267

268

269

270

271

272

273

274

275

276

277 **REFERÊNCIAS**

278

279 ABDUCH, M. C. D. **Ecocardiografia**. In: Ultrassonografia Doppler em pequenos animais.  
280 CARVALHO, C. F. (eds) São Paulo: Roca. 201-260p. 2009.

281

282 ALLEN, D. G.; DOWNEY, R. S. Echocardiographic assessment of cats anesthetized with xylazine-  
283 sodium pentobarbital. **Canadian Journal of Comparative Medicine Veterinary Science**, v. 47,  
284 n. 3, p. 281-283, 1983.

285

286 ALMEIDA, A. L. C.; GJESDAL, O.; MEWTON, N.; CHOI, EUI-YOUNG.; TEIXIDO-TURA, G.;  
287 YONEYAMA, K.; LIMA, J. A. C. Speckle Tracking Echocardiography–Clinical Applications.  
288 **Revista brasileira de ecocardiografia e imagem cardiovascular**, v. 26, n. 1, p. 38-49, 2013.

289

290 ALVAREZ, A. G.; SITGES, M.; REGUEIRO, A.; POYATOS, S.; PINAZO, M. J.; POSADA, E.;  
291 BIJNENS, B.; HERAS, M.; GASCON, J.; SANZ, G. Myocardial Deformation Analysis in Chagas  
292 Heart Disease With the Use of Speckle Tracking Echocardiography. **Journal Cardiac Failure**, v.  
293 17, n. 12, p. 1028-1034, 2011.

294

295 ALVES, F. R.; PESSOA, G.T.; RODRIGUES, R. P. S.; SILVA, A. B. S.; MOURA, L. S.; ALVES,  
296 J. J. R. P.; MACEDO, K. V.; SOUSA, F. C. A.; NEVES, W. C.; BEZERRA-NETO, L.; VIEIRA,  
297 M. L. C. Measurement of strain by speckle tracking: its current use in medicine and in animal  
298 models. **Journal of Cardiovascular Disorders**, v, 4, n. 2, p. 1-9, 2017.

299

300 AMUNDSEN, H.; HELLE-VALLE, T.; EDVARDBSEN, T.; TORP, H.; CROSBY,  
301 J.; LYSEGGEN, E.; STOYLEN, A.; IHLEN, H.; LIMA, J. A.; SMISETH, O. A.; SLORDAHL, S.  
302 A. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: Validation  
303 against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. **Journal of American College**  
304 **Cardiology**, v. 47, n. 1, p. 789-793, 2006.

305

306 BOE E, SKULSTAD H, SMISETH OA. Myocardial work by echocardiography: a novel method  
307 ready for clinical testing. **Eur Heart J Cardiovasc Imaging**.1;20(1):18-20. 2019.

308

309 BISSONETTE, J. A. **Ecology and social behavior of the collared peccary in Big Bend Nacional**  
310 **Park**. Washington, DC: U.S. National Parks Services. 1982

311

312 BONAGURA, J. D. Echocardiography. **Journal of The American Veterinary Medical**  
313 **Association**, v. 204, n. 4, p. 516-522, 1994.

314

315 BALLO, H.; TARKIA, M.; HAAVISTO, M.; STARK, C.; STRANDBERG, M.; VÄHÄSILTA,  
316 T.; SAUNAVAARA, V.; TOLVANEN, T.; TERÄS, M.; HYNNINEN, V. V.; SAVUNEN, T.;  
317 ROIVAINEN, A.; KNUUTI, J.; SARASTE, A. Accuracy of echocardiographic area-length method  
318 in chronic myocardial infarction: comparison with cardiac CT in pigs. **Cardiovascular**  
319 **Ultrasound**, v. 15, n. 1, P. 1-9, 2017.

320

321 BOON, J. A. **Manual of veterinary echocardiography**. 1. ed. Baltimore: Williams & Wilkins,  
322 1998. 478p.

- 323  
324 BOON, J. A. **Veterinary echocardiography**. 2. ed. West Sussex: Wiley Blackwell. 2011. 632 p.  
325 BRAUNWALD, E.; ZIPES, D. P.; LIBBY, P. **Tratado de medicina cardiovascular**. 6. ed. São  
326 Paulo: Roca, 2003. 2385 p.  
327  
328 BROWN, A. D.; COLILAS, O. J. Ecologia de *Cebus Apella*, Primatologia no Brasil. In: Congresso  
329 Brasileiro de Primatologia. Belo Horizonte, 1., 1983. Anais do 1º Congresso Brasileiro de  
330 Primatologia em Belo horizonte, 1983, p. 35-37.  
331 BODMER, R.E. Strategies of seed dispersal and seed predation in Amazonian ungulates.  
332 **Biotropica** 23, 255–261. 1991  
333  
334 CHAN J, EDWARDS NFA, KHANDHERIA BK, SHIINO K, SABAPATHY S, ANDERSON B  
335 et al. A new approach to assess myocardial work by non-invasive left ventricular pressure–strain  
336 relations in hypertension and dilated cardiomyopathy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2019;20:31–  
337 9.  
338  
339 CARVALHO, C. M. E.; ANDRADE, M. C. R.; XAVIER, S. S.; MANGIA, R. H. R.; BRITTO, C.  
340 C.; JANSEN, A. M.; FERNANDES, O.; LANNES-VIEIRA, J.; BONECINI-ALMEIDA, M. G.  
341 Chronic chagas’ disease in rhesus monkeys (macaca mulatta): evaluation of parasitemia, serology,  
342 electrocardiography, echocardiography, and radiology. *The American Journal of Tropical*  
343 *Medicine and Hygiene*, v. 68, n. 6, p. 683–691, 2003.  
344  
345 CRAWFORD, M. H.; WALSH, R. A.; CRAGG, D.; FREEMAN, G. L.; MILLER, J.  
346 Echocardiographic left ventricular mass and function in the hypertensive baboon: **Hypertension**,  
347 v. 10, n. 03, p. 339-345, 1987.  
348  
349 CRICK, S. J.; SHEPPARD, M. N.; HO, S. Y.; GEBSTEIN, L. Anatomy of the pig heart:  
350 comparisons with normal human cardiac structure. **Journal of Anatomy**, v. 193, n. 1, p. 105-119,  
351 1998.  
352  
353 CUNHA, ANDERSON F DA; RAMOS, SARA J; DOMINGUES, MICHELLE; BEAUFRÈRE,  
354 HUGUES; SHELBY, AMANDA; STOUT, RHETT; ACIERNO, MARK J. Agreement between  
355 two oscillometric blood pressure technologies and invasively measured arterial pressure in the  
356 dog. **Veterinary Anaesthesia And Analgesia**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 199-203, mar. 2016. Elsevier  
357 BV  
358  
359 CARNEIRO, L. A.; SILVEIRA, F. T.; CAMPOS, M. B.; BRÍGIDO, M. D. O. C.; GOMES, C. M.;  
360 CORBETT, C. E.; LAURENTI, M. D. Susceptibility of *Cebus apella* monkey (Primates: *Cebidae*)  
361 to experimental *Leishmania (L.) infantum* chagasiinfection. **Revista do Instituto de Medicina**  
362 **Tropical de São Paulo**, v.53, n. 1, p. 45-50, 2011.  
363  
364 CARVALHO, C. F.; CHAMMAS, M. C.; CERRI, G. G. Physical principles of Doppler  
365 ultrasonography. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 872-879, 2008.  
366  
367 CARVALHO, C. F.; TUDURY, E. A.; NEVES, I. V.; FERNANDES, T. H. T. GONÇALVES, L.  
368 P.; SALVADO, R. R. C. L. Eletrocardiografia pré-operatória em 474 cães. **Arquivo Brasileiro de**  
369 **Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 3, p. 590-597, 2009.  
370

- 371 CERRI, G. G. et al. Avaliação dúplex do fígado, sistema portal e vasos viscerais. In: **Doppler**. São  
372 Paulo: Sarvier, 1998. cap.6, p.120-121.
- 373
- 374 CHETBOUL, V. Advanced techniques in echocardiography in small 316 animals. **The Veterinary**  
375 **Clinics North America. Small Animal Practice**, v. 40, n. 4, p. 529-543, 2010.
- 376
- 377 CHETBOUL, V. Tissue Doppler imaging: a promising technique for quantifying regional  
378 myocardial function. **Journal of Veterinary Cardiology**, v.4, n.2, p.7-12, 2002.
- 379
- 380 CHETBOUL, V.; BLOT, S.; SAMPEDRANO, C. C.; THIBAUD, J. L.; GRANGER, N.; TISSIER,  
381 R.; BRUNEVALL, P.; GASCHEN, F.; GOUNI, V.; NICOLLE, A. P.; POUCHELON, J. L. Tissue  
382 Doppler imaging for detection of radial and longitudinal myocardial dysfunction in a family of cats  
383 affected by dystrophin-deficient hypertrophic muscular dystrophy. **Journal of Veterinary Internal**  
384 **Medicine**, v. 20, n. 3, p. 640-647, 2006.
- 385
- 386 COSTA, M. J. R. P.; PINTO, A. A. **Princípios de etologia aplicados ao bem-estar animal**. In:  
387 DEL-CLARO, K.; PREZOTO, F. As distintas faces do comportamento animal. Prezoto. Jundiaí:  
388 Conceito, 2003. p. 211-223.
- 389
- 390 DEL CASTILLO, J. M.; HERSZKOWICZ, N. Strain bidimensional (X-Strain): utilização do  
391 método para avaliação de cardiopatias. **Revista Brasileira de Ecocardiografia**, v. 21, n. 30, p. 29-  
392 35, 2008.
- 393
- 394 DEUSTSCH L. A.; PUGLIA, L. R. R. **Os animais silvestres: Produção e manejo**. Rio de Janeiro:  
395 Globo, 1988. 69-72p.
- 396
- 397 DHINDSA, D. S.; OCHSNER, A. J. Hemodynamic and metabolic effects of chronic carbon  
398 monoxide exposure in cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*). **Journal of Medical**  
399 **Primatology**, v. 10, n. 4, p. 255-262, 1981.
- 400
- 401 DINIZ, L. S. M. **Características e distribuição geográfica**. In: Primatas em cativeiro manejo e  
402 problemas veterinários enfoque para espécies neotropicais. São Paulo: Ícone, 1997. p. 31-42.
- 403
- 404 EDWARDS, B. J.; ROTTMAN, B. M.; SHANKAR, M.; BETZLER, R.; CHITUC, V.;  
405 RODRIGUEZ, R.; SILVA, L.; WIBECAN, L.; WIDNESS, J.; SANTOS, L. R. Do capuchin  
406 monkeys (*Cebus apella*) diagnose causal relations in the absence of a direct reward. **PLoS One**, v.  
407 9, n. 2, p. 1-12, 2014.
- 408
- 409 EGNER B, CARR A, BROWN S (2007) Importance of blood pressure measurement-techniques.  
410 In: Essential facts of blood pressure in dogs and cats (4th edn). Egner B (ed.). **VetVerlag VBS.**  
411 **Buchhandel and Seminar**, Babenhausen, Germany. pp. 51–63. 2007
- 412
- 413 ERNST, E. R.; SHUB, C.; BAILEY, K. R.; BROWN, L. R.; REDFIELD, M. M. Radiographic  
414 measurements of cardiac size as predictors of outcome in patients with dilated cardiomyopathy.  
415 **Journal Cardiac Failure**, v. 7, n. 1, p. 13–20, 2001.
- 416
- 417 FEER, F. **The potential for sustainable hunting and rearing of game in tropical forests**. In:  
418 HLADIK, C. M.; HLADIK, A.; LINARES, O. F.; PAGEZY, H.; SEMPLE, A.; HADLEY, M.

- 419 editors. Tropical forests, people and food: biocultural interactions and applications to development.  
420 Paris: The Parthenon Pub Group; 1993. p. 691–708.
- 421
- 422 FEIGENBAUM, H. Instrumentation. In: **Echocardiography**. 4.ed. Philadelphia. LEA and  
423 FEBIGER, 1986. cap.1, p.1-49.
- 424
- 425 FERRARI, S. F. **Comportamentos de primatas**. In: DEL-CLARO, K.; PREZOTO, F. As distintas  
426 faces do comportamento animal. São Paulo: Conceito, 2003. p.120-125.
- 427
- 428 GOTTDENKER, N.; BODMER, R. E. Reproduction and productivity of white-lipped and collared  
429 peccaries in the Peruvian Amazon. **Journal Zoology**, v. 245, n. 4, p. 423-430, 1998.
- 430
- 431 KILTIE, R.A.. Stomach contents of rain forest peccaries (Tayassu tajacu and T. pecari). **Biotropica**  
432 13, 234–236. 1981
- 433
- 434 HELLE-VALLE, T.; CROSBY, J.; EDVARDSEN, T.; LYSEGGEN, E.; AMUNDSEN, B. H.;  
435 SMITH, H. J.; ROSEN, B. D.; LIMA, J. A.; TORP, H.; IHLEN, H.; SMISETH, O. A. New  
436 noninvasive method for assessment of left ventricular rotation: Speckle tracking echocardiography.  
437 **Circulation**, v. 112, n. 20, p. 3149-3156, 2005.
- 438
- 439 HENIK, R. A. Echocardiography and Doppler ultrasound. In: MILLER, M. S.; TILLEY, L. P.  
440 (Eds). Manual of canine and feline cardiology. 2. ed. **Philadelphia: Saunders**. p. 75-107. 1995.
- 441
- 442 HO, C. Y.; CARLSEN, C.; THUNE, J. J.; HAVNDRUP, O.; BUNDGAARD, H.; FARROHI, F.;  
443 RIVERO, J.; CIRINO, A. L.; ANDERSEN, P. S.; CHRISTIANSEN, M.; MARON, B. J.; ORAV,  
444 E. J.; KOBER, L. Echocardiography strain imaging to assess early and late consequences of  
445 sarcomere mutations in hypertrophic cardiomyopathy. **Circulation: cardiovascular genetics**, v. 2,  
446 n. 4, p. 314-321, 2009.
- 447
- 448 ISHIZU, T.; SEO, Y.; ENOMOTO, Y.; SUGIMORI, H.; YAMAMOTO, M.; MACHINO, T.;  
449 KAWAMURA, R.; AONUMA, K. Experimental validation of left ventricular transmural strain  
450 gradient with echocardiographic two-dimensional speckle tracking imaging. **European Journal of**  
451 **Echocardiography**, v. 11, n. 4, p. 377-385, 2010.
- 452
- 453 JACOMO, A. T. A. Ecologia e conservação do queixada (Tayassu pecari) na Região do Parque  
454 Nacional das emas. 2004. 114f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília.
- 455 JAUDON, J. P.; PERROT, C.; VIAUD, F. Bases físicas, tecnológicas e semiológicas da ultra-  
456 sonografia clínica. **A Hora Veterinária**, v. 11, n. 64, p. 10-16, 1991.
- 457
- 458 KATO, T. S.; NODA, A.; IZAWA, H.; YAMADA, A.; OBATA, K.; NAGATA, K.; IWASE, M.;  
459 MUROHARA, T.; YOKOTA, M. Discrimination of nonobstructive hypertrophic cardiomyopathy  
460 from hypertensive left ventricular hypertrophy on the basis of strain rate imaging by tissue Doppler  
461 ultrasonography. **Circulation**, v. 110, n. 25, p. 3808-3814, 2004.
- 462
- 463 KAWAKAMA, J. et al. Física. In: CERRI, G. G.; ROCHA, D. C. **Ultrassonografia abdominal**.  
464 São Paulo: Sarvier, cap. 1, 1993. 1-14p.
- 465 KIENLE, R. D. **Echocardiography**. In: KITTLESON, M. D.; KIENLE, R. D. editors: Small animal  
466 cardiovascular medicine. St. Louis: Mosby; 1998. p. 95 e 117
- 467

- 468 KIENLE, R. D.; THOMAS, W.P.; **Echocardiography**. In: NYLAND, T. G.; MATTOON, J. S.  
 469 (Ed.). Veterinary diagnostic ultrasound. Philadelphia, 1995. 198-256p.  
 470
- 471 KOFFAS, H.; DUKES-MCEWAN, J.; CORCORAN, B. M.; MORAN, C. M.; FRENCH, A.;  
 472 SBOROS, V.; ANDERSON, T.; SMITH, P.; SIMPSON, K.; MCDICKEN, W. N. Peak mean  
 473 myocardial velocities and velocity gradients measured by color M-mode tissue Doppler imaging in  
 474 healthy cats. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 17, n. 4, p. 510-524, 2003.  
 475
- 476 KORINEK, J.; WANG, J.; SENGUPTA, P. P.; MIYAZAKI, C.; KJAERGAARD, J.; MCMAHON,  
 477 E.; ABRAHAM, T. P.; BELOHLAVEK, M. Two-dimensional strain--a doppler-independent  
 478 ultrasound method for quantitation of regional deformation: Validation in vitro and in vivo. **Journal**  
 479 **of the American Society Echocardiography**, v. 18, n. 12, p. 1247-1253, 2005.  
 480
- 481 LOBO, F. S. **Mamíferos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Artes Gráficas Gomes de Sousa, 1962.  
 482
- 483 MAYOR, P.; JORI, F.; LOPEZ-BEJAR, M. Anatomicohistological characteristics of the tubular  
 484 genital organs of the female collared peccary (*Tayassu tajacu*) from North-eastern Amazon.  
 485 **Anatomia Histologia Embryologia**, v. 33, n. 2, p. 65-74, 2004.  
 486
- 487 MAYOR, P.; LÓPEZ-GATIUS, F.; LÓPEZ-BÉJAR, M. Integrating ultrasonography within the  
 488 reproductive management of the collared peccary (*Tayassu tajacu*). **Theriogenology**, v. 63, n. 7, p.  
 489 1832-43, 2005.  
 490
- 491 MCDONALD, K. A.; KITTLESON, M. D.; KASS, P. H.; MEURS, K. M. Tissue Doppler imaging  
 492 in Maine Coon cats with a mutation of myosin binding protein C with or without hypertrophy.  
 493 **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 21, n. 3, p. 232-237, 2007.  
 494
- 495 MINOSHIMA, M.; NODA, A.; NISHIZAWA, T.; HARA, Y.; SUGIURA, M.; LINO, S.;  
 496 NAGATA, K.; KOIKE, Y.; MUROHARA, T. Endomyocardial radial Strain imaging and left  
 497 ventricular relaxation abnormalities in patients with hypertrophic cardiomyopathy or hypertensive  
 498 left ventricular hypertrophy. **Circulation journal: official journal of the japanese circulation**  
 499 **society**, v. 73, n. 12, p. 2294-2299, 2009.  
 500
- 501 MIYATAKE, K., YAMAGISHI, M., TANAKA, N., UEMATSU, M., YAMAZAKI, N., MINE,  
 502 Y., SANO, A., HIRAMA, M. New method for evaluating left ventricular wall motion by color-  
 503 coded tissue Doppler imaging: in vitro and in vivo studies. **Journal of the American College**  
 504 **Cardiology**, v.25, n.3, p.717-724, 1995.  
 505
- 506 NAGUEH, S. F.; APPLETON, C. C. P.; GILLEBERT, T. C.; MARINO, P. N.; OH, J. K.;  
 507 SMISETH, O. A.; WAGGONER, A. D.; FLANCHKAMPF, F. A.; PELLIKKA, P. A.;  
 508 EVANGELISTA, A. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by  
 509 echocardiography. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 22, n. 2, p. 107-  
 510 133, 2009.  
 511
- 512 NOGUEIRA FILHO S. L. G.; LAVORENTI, A. **O manejo do caititu (*Tayassu tajacu*) e do**  
 513 **queixada (*Tayassu peccary*) em cativeiro**. In: Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil.  
 514 Belém, PA: Brasília, DF: Sociedade Civil Mamirauá, 1997. 106-115p.  
 515

- 516 NOGUEIRA-FILHO S.L.G. & NOGUEIRA S.S.C. 2000. Criação comercial de animais silvestres:  
517 Produção e comercialização da carne e subprodutos na região sudeste do Brasil. *Revta Econ.*  
518 *Nordeste* 31:188-195.
- 519
- 520 NOWAK, R. M. **Order Artiodactyla**. In: NOWAK, R. M. *Walker's mammals of the world* 5.ed.  
521 Baltimore: John Hopkins University Press, 1991. 1334-1347p.
- 522
- 523 OKI, T.; MISHIRO, Y.; YAMADA, H.; ONOSE, Y.; MATSUOKA, M.; WAKATSUKI, T.;  
524 TABATA, T.; ITO, S. Detection of left ventricular regional relaxation abnormalities and  
525 asynchrony in patients with hypertrophic cardiomyopathy with hypertrophic cardiomyopathy with  
526 the use of tissue Doppler imaging. **American Heart Journal**, v. 139, n. 3, p. 487-502, 2000.
- 527
- 528 ORDE, S. R.; BEHFAR, A.; STALBOERGER, P. G.; BARROS-GOMES, S.; KANE, G. C.; OH,  
529 J, K. Effect of positive end-expiratory pressure on porcine right ventricle function assessed by  
530 speckle tracking echocardiography. **BMC Anesthesiology**, v. 15, n. 49, p. 1-9, 2015.
- 531
- 532 PEREIRA-JUNIOR, RONALDO A. et al. Fauna helmintológica de catetos (*Tayassu tajacu*  
533 Linnaeus, 1758) procedentes da Amazônia Brasileira1. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v. 36, n.  
534 11. 2016.
- 535
- 536 PAZ, R. C. R.; ZACARIOTTI, R. L.; TEIXEIRA, R. H.; GUIMARAES, M. A. B. V. O efeito das  
537 enzimas hialuronidase e tripsina na liquefação do sêmen de macacos pregos (*Cebus apella*).  
538 **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 2, p. 196-201, 2006.
- 539
- 540 REDDY, M.; THAITAI, D.; BERNAL, J.; PRADHAN, J.; AFONSO, L. Apical hypertrophic  
541 cardiomyopathy: potential utility of Strain imaging. **European Journal of Heart Failure**, v. 9, n.  
542 4, p. 560-562, 2007.
- 543
- 544 ROZANSKI EA, RUSH JE (2007) Monitoring critical care patients. In: *Small Animal Emergency*  
545 *and Critical Care Medicine*. Rozanski EA, Rush JE (eds). Manson, UK. pp. 213–219
- 546
- 547 SANTOS, J. C.; YAMAMOTO, M.; MARQUES, G. D. V. **Etograma: o repertório**  
548 **comportamental de uma espécie**. In: DEL-CLARO, K.; PREZOTO, F. *As distintas faces do*  
549 *comportamento animal*. São Paulo: Conceito, 2003. p. 236 -245.
- 550
- 551 SILVA, C. E. S. Novas técnicas ecocardiográficas- “Tissue tracking, Strain Rate, Strain, Tissue  
552 Synchronization e Speckle Tracking”. In: SILVA, C. R. S. **Ecocardiografia: princípios e**  
553 **aplicações clínicas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2007. 155-166p.
- 554
- 555 SZATMÁRI, V. et al. Normal duplex Doppler waveforms of major abdominal blood vessels in dogs: a  
556 review. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v.42, n.2, p.93-107, 2001.
- 557
- 558 SIMPSON, K. E.; DEVINE, B. C.; GUNN-MOORE, D. A.; FRENCH, A. T.; DUKES- MCEWAN,  
559 J.; KOFFAS, H.; MORAN, C. M.; CORCORAN, B. M. Assessment of the repeatability of feline  
560 echocardiography using conventional echocardiography and spectral pulse-wave Doppler tissue  
561 imaging techniques. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 48, n. 1, p. 58-68, 2007.
- 562

- 563 SLEEPER, M. M.; DOANE C. J.; LANGNER P. H.; CURTIS, S.; AVILA, K.; LEE, D. R.  
564 Successful treatment of idiopathic dilated cardiomyopathy in an adult chimpanzee (*Pan*  
565 *troglodytes*). **Comparative Medicine**, v. 55, n. 1, p. 80-84, 2005.
- 566  
567 SLEEPER, M. M.; DROBATZ, K.; LEE, D. R.; LAMMEY, M. L. Parâmetros de ecocardiografia  
568 de adultos clinicamente normais chimpanzés cativos (*Pan troglodytes* ). **Journal of the American**  
569 **Veterinary Medical Association**, v. 244, n. 8, p. 956-960, 2014.
- 570  
571 SMITH DN, BONAGURA JD, CULWELL NM, SCHOBER KE. Left Ventricular function  
572 quantified by myocardial strain imaging in small-breed dogs with chronic  
573 mitral regurgitation. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 14, n. 1, p. 231-242, 2012.
- 574  
575 SOWLS, L. K. **Javelines and other peccaries: Their biology, management and use**. 2. ed.  
576 Tucson: Texas A & M University Press, 1997. 324p.
- 577  
578 SOWLS, L. K. **The peccaries**. Tucson: The University of Arizona Press, 1984. 150p.
- 579  
580 SUGA H. Ventricular energetics. **Physiol Rev**. 70:247-77.1990
- 581  
582 SZATMÁRI, V. et al. Normal duplex Doppler waveforms of major abdominal blood vessels in  
583 dogs: a review. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v.42, n.2, p.93-107, 2001.
- 584  
585 TAKANO, H.; FUJII, Y.; YUGETA, N.; TAKEDA, S.; WAKAO, Y. Assessment of left ventricular  
586 regional function in affected and carrier dogs with duchenne muscular dystrophy using speckle  
587 tracking echocardiography. **BMC Cardiovascular Disorders**, v. 11, n. 1, p. 2-8, 2011.
- 588  
589 TESKE, A. J.; BOECK, B. W. L.; MELMAN, P. G.; SIESWERDA, G. T.; DOEVENDANS, P. A.;  
590 CRAMER, M. J. M. Echocardiographic quantification of myocardial function using tissue  
591 deformation imaging, a guide to image acquisition and analysis using Doppler and speckle tracking.  
592 **Cardiovascular Ultrasound**, v. 5, n. 27, p. 1-19, 2007.
- 593  
594 THOMAS W.P. E SISSON D. 1999. **Cardiac catheterization an angiocardiology**, p.173- 191.  
595 In: Fox P.R., Sisson D. & Moise N.S. (Eds), **Textbook of Canine and Feline Cardiology: Principles**  
596 **and clinical practice**. W.B. Saunders, Philadelphia.
- 597  
598 THOMAS, W. P.; GABER, C. E.; JACOBS, G. J.; KAPLAN, P. M.; LOMBARD, C. W.; MOISE,  
599 N. S.; MOSES, B. L. Recommendations for standards in transthoracic two- dimensional  
600 echocardiography in the dog and cat. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 7, n. 4, p. 247-  
601 252, 1993.
- 602  
603 TIDHOLM A, LJUNGVALL I, HOGLUND AB, WESTLING AB, HAGGSTROM J. Tissue  
604 Doppler and Strain Imaging in Dogs with Myxomatous Mitral Valve Disease  
605 in Different Stages of Congestive Heart Failure. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 23,  
606 n. 6, p. 1197-1207, 2009.
- 607  
608 Feliciano, Marcus Antonio Rossi - Canola, Julio Carlos - Vicente, Wilter Ricardo Russiano.  
609 **Diagnóstico por Imagem em Cães e Gatos**, ed medvep vol 1 p 768 2015
- 610

- 611 TOALDO, M. B.; ROMITO, G.; GUGLIELMINI, C.; DIANA, A.; PELLE, N. G.; CONTIERO,  
612 B.; CIPONE, M. Assessment of Left Atrial Deformation and Function by 2-Dimensional Speckle  
613 Tracking Echocardiography in Healthy Dogs and Dogs With Myxomatous Mitral Valve Disease.  
614 **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 31, n. 3, p. 641-649, 2017.  
615
- 616 VERMILLON, R. P. Basic physical principles. In: SNIDER, A. R. et al. **Echocardiography in**  
617 **pediatric heart disease**. 2.ed. Missouri: Mosby, 1997. cap.1, p.1-10  
618 WARE, W. **Cardiovascular disease in small animal medicine**. London: Manson Publishing Ltd,  
619 2007. p. 396.  
620
- 621 WESS, G.; SARKAR, R.; HARTMANN, K. Assessment of left ventricular function by Strain  
622 imaging echocardiography in various stages of feline hypertrophic cardiomyopathy. **Journal of**  
623 **veterinary internal medicine**, v. 24, n. 6, p. 1375-1382, 2010.  
624
- 625 YANIK, L. The basics of Doppler ultrasonography. **Veterinary Medicine**, v.3, p.388-400, 2002.  
626 Y.R.A.VAN ZEELAND, A.WILDE, I.H.BOSMAN, J.J.UILENREEF, B.EGNER,  
627 N.J.SCHOEMAKER, Non-invasive blood pressure measurement in ferrets (*Mustela putorius furo*)  
628 using high definition oscillometry. 2010.  
629
- 630 ZOIS, N. E.; OLSEN, N. T.; MOESGAARD, S. G.; RASMUSSEN, C. E.; FALK, T.;  
631 HÄGGSTRÖM, J.; PEDERSEN, H. D.; MOLLER, J. E.; OLSEN, L. H. Left ventricular twist and  
632 circumferential strain in dogs with myxomatous mitral valve disease. **Journal of Veterinary**  
633 **Internal Medicine**, v. 27, n. 4, p. 875-883, 2013.  
634
- 635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644